Catalogue no. 11-622-MIE — No. 011
ISSN: 1705-6896
ISBN: 0-662-43293-2

Research Paper

The Canadian Economy in Transition Series

Innovation Capabilities: Science and Engineering Employment in Canada and the United States

by Desmond Beckstead and Guy Gellatly

Micro-economic Analysis Division
18th Floor, R.H. Coats Building, Ottawa, K1A 0T6

Telephone: 1 800 263-1136

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

How to obtain more information

Specific inquiries about this product and related statistics or services should be directed to the Media Hotline, Communications and Library Services Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0T6 (telephone: (613) 951-4636).

For information on the wide range of data available from Statistics Canada, you can contact us by calling one of our toll-free numbers. You can also contact us by e-mail or by visiting our website at www.statcan.ca.

National inquiries line	1 800 263-1136
National telecommunications device for the hearing impaired	1 800 363-7629
Depository Services Program inquiries	1 800 700-1033
Fax line for Depository Services Program	1 800 889-9734
E-mail inquiries	infostats@statcan.ca
Website	www.statcan.ca

Information to access the product

This product, catalogue no. 11-622-MIE, is available for free in electronic format. To obtain a single issue, visit our website at www.statcan.ca and select Our Products and Services.

Standards of service to the public

Statistics Canada is committed to serving its clients in a prompt, reliable and courteous manner and in the official language of their choice. To this end, the Agency has developed standards of service that its employees observe in serving its clients. To obtain a copy of these service standards, please contact Statistics Canada toll free at 1 800 263-1136. The service standards are also published on www.statcan.ca under About Statistics Canada > Providing services to Canadians.

The Canadian Economy in Transition Research Paper Series

The Canadian Economy in Transition is a series of new analytical reports that investigate the dynamics of industrial change in the Canadian economy. This new series brings together a coherent set of research reports that provide users with a wide variety of empirical perspectives on the economy's changing industrial structure. These perspectives include the dynamics of productivity, profitability, employment, output, investment, occupational structure and industrial geography. Readers are encouraged to contact the authors with comments, criticisms and suggestions.

The primary distribution medium for the papers is the Internet. These papers can be downloaded from the Internet at www.statcan.ca for free.

All papers in *The Canadian Economy in Transition* series go through institutional and peer review to ensure that they conform to Statistics Canada's mandate as a government statistical agency and adhere to generally accepted standards of good professional practice.

The papers in the series often include results derived from multivariate analysis or other statistical techniques. It should be recognized that the results of these analyses are subject to uncertainty in the reported estimates.

The level of uncertainty will depend on several factors: the nature of the functional form used in the multivariate analysis; the type of econometric technique employed; the appropriateness of the statistical assumptions embedded in the model or technique; the comprehensiveness of the variables included in the analysis; and the accuracy of the data that are utilized. The peer group review process is meant to ensure that the papers in the series have followed accepted standards to minimize problems in each of these areas.

Statistics Canada
Micro-economic Analysis Division

Innovation Capabilities: Science and Engineering Employment in Canada and the United States

Desmond Beckstead and Guy Gellatly

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 2006

All rights reserved. The content of this electronic publication may be reproduced, in whole or in part, and by any means, without further permission from Statistics Canada, subject to the following conditions: that it be done solely for the purposes of private study, research, criticism, review or newspaper summary, and/or for non-commercial purposes; and that Statistics Canada be fully acknowledged as follows: Source (or "Adapted from", if appropriate): Statistics Canada, year of publication, name of product, catalogue number, volume and issue numbers, reference period and page(s). Otherwise, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form, by any means—electronic, mechanical or photocopy—or for any purposes without prior written permission of Licensing Services, Client Services Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

May 2006

Catalogue no.11-622-MIE, no. 011
Frequency: Occasional

ISSN 1705-6896
ISBN 0-662-43293-2

Ottawa

Cette publication est aussi disponible en français (nº 11-622-MIF au catalogue, nº 011).

Note of appreciation

Canada owes the success of its statistical system to a long-standing partnership between Statistics Canada, the citizens of Canada, its businesses, governments and other institutions. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued cooperation and goodwill.

106-05283/

Acknowledgements

The authors are grateful to Dr. Nirmala Kannankutty of the National Science Foundation for helpful discussions on the NSF's occupational structure for scientists, engineers and related occupations.

We would also like to thank John R. Baldwin, W. Mark Brown and two anonymous reviewers for their comments and suggestions.

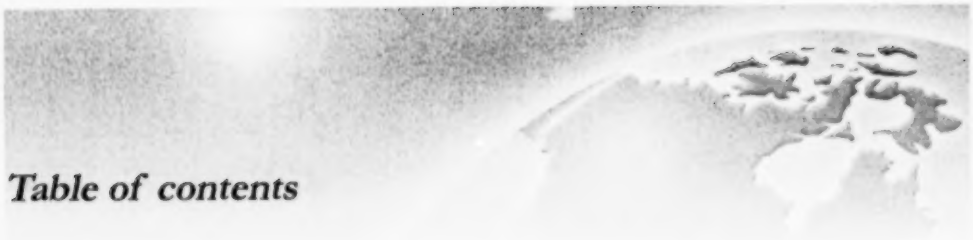


Table of contents

Preface 6

Executive summary 7

Chapter 1. Introduction 9

Chapter 2. Estimates of science and engineering employment—some context 12

Chapter 3. Measuring the size of the science and engineering workforce 15

Chapter 4. S&E and S&E-related occupations in Canada and the United States 21

Chapter 5. Conclusion 26

Appendix A. Notes on the measurement of S&E and S&E-related occupations 27

Appendix B. The distribution of S&E and S&E-related occupations across industrial sectors 29

Appendix C. Decomposing Canada/U.S. sectoral differences in S&E employment intensity 31

References 33

Preface

This paper compares the size and composition of science and engineering employment in Canada and the United States. It examines the share of paid employment and paid earnings accounted for by the science and engineering workforce in both countries. Our tabulations distinguish between a core group and a related group of science and engineering workers. The core group includes computer and mathematical scientists, life scientists, physical scientists, social scientists, and engineers. The related group includes workers in health-related occupations, science and engineering managers, science and engineering technologists and technicians, a residual class of other science and engineering workers, and post-secondary educators in science and engineering fields. We examine the employment and earnings shares of science and engineering workers over the 1980-1981 to 2000-2001 period. Detailed industry comparisons are reported for 2000 and 2001.

Executive summary

Scientists and engineers have long been seen as integral to a country's industrial competitiveness. This paper compares the size and composition of science and engineering (S&E) employment in Canada and the United States—as one factor aiding in the assessment of Canada's innovation capabilities vis-à-vis the United States. It reports on the share of paid employment and paid earnings accounted for by the science and engineering workforce in both countries.

Our tabulations distinguish between a core group and a related group of science and engineering workers. The core group includes computer and mathematical scientists, life scientists, physical scientists, social scientists, and engineers. The related group includes workers in health-related occupations, science and engineering managers, science and engineering technologists and technicians, a residual class of other science and engineering workers, and post-secondary educators in science and engineering fields.

The size of the science and engineering workforce in Canada and the United States is very similar when viewed in proportional terms. In 1980 and 1981, workers employed as scientists and engineers or working in other S&E-related occupations together constituted 9.8% of paid employment in Canada and 9.6% of paid employment in the United States. Both countries have seen the relative importance of science and engineering and related occupations increase, in virtual tandem, over time. By 1990 and 1991, workers employed in these specialized occupations together accounted for 11.7% and 11.3% of paid employees in Canada and the United States, respectively. By 2000 and 2001, their numbers grew to 13.6% of total employment in both countries.

Income growth within the S&E workforce has also followed a similar course in both countries, with income gains outpacing gains in employment. From 1981 to 2001, scientists, engineers and workers in S&E-related occupations in Canada increased their share of paid earnings from 13.4% to 19.9%, while their counterparts in the United States saw their earnings share improve from 12.3% to 19.2%. Within the broader S&E workforce, scientists and engineers generate the largest incomes in relation to their numbers.

There are some differences between Canada and the United States in how intensively scientists and engineers are employed in different sectors of the economy. The sector with the largest share of scientists and engineers in both countries—professional, scientific and technical services industries—is more S&E-intensive in Canada than in the United States.

Scientists and engineers make up one-quarter of this sector's workforce in Canada, compared to about one-fifth in the United States. Conversely, the U.S. manufacturing sector is more S&E-intensive than Canada's manufacturing sector. Scientists and engineers make up 8.1% of U.S. manufacturing employment, compared to 4.8% in Canada.

Chapter 1. Introduction

Scientists and engineers have long been seen as integral to a country's industrial competitiveness. The importance of these specialized workers to economic progress is generally portrayed as clear and unambiguous. On this, the positions taken by The Progressive Policy Institute and The National Science Foundation are illustrative. The Progressive Policy Institute begins its analysis of science and engineering employment by noting that "(t)echnological innovation is one of the key drivers of overall economic progress, and it is fueled by a strong engineering and scientific workforce".[1] The National Science Foundation asserts that "these workers contribute enormously to technical innovation and economic growth, research, and increased knowledge".[2] These statements reflect the widely-held view that the labour market contributions of scientists and engineers are critical inputs to national innovation systems.

This paper compares the size and composition of science and engineering employment in Canada and the United States—as one factor aiding in the assessment of Canada's innovation capabilities vis-à-vis the United States. We report on the share of paid employment and paid earnings accounted for by scientists, engineers and related workers in both countries. Our tabulations distinguish between a core group and a related group of science and engineering workers. The core group includes computer and mathematical scientists, life scientists, physical scientists, social scientists, and engineers. The related group includes workers in health-related occupations, science and engineering managers, science and engineering technologists and technicians, a residual class of other science and engineering workers, and post-secondary educators in science and engineering fields. We report the employment and earnings shares of S&E workers over the 1980-1981 to 2000-2001 period. Detailed industry comparisons are reported for 2000 and 2001.

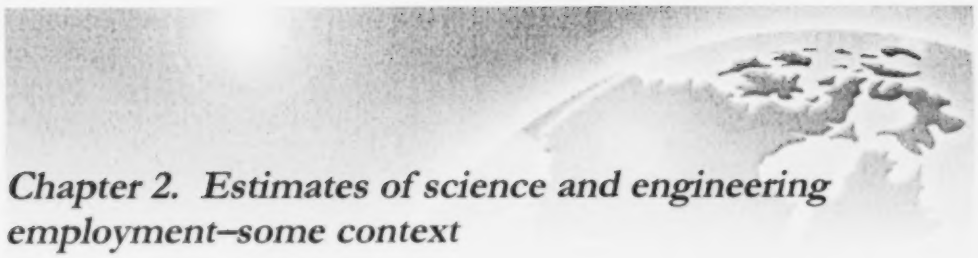
The organization of the paper is as follows. Section 2 outlines the motivation for this analysis. Our tabulations are based on the premise that comparative estimates of science and engineering employment shed light on the relative size of Canada's innovation system. Section 3 discusses the classification scheme that is used to quantify the size and composition of the science and engineering workforce in Canada and the United States. This classification scheme distinguishes between a core set of science and engineering occupations and a related set of occupations that contain a significant science or engineering component.

Our estimates of S&E employment and paid earnings are reported and discussed in Section 4. We present these in the form of employment and income shares—the portion of total

employment and total paid earnings accounted for by individuals working in S&E and S&E-related occupations. These estimates derive from Canadian and U.S. census data covering the 20-year period from 1980-1981 to 2000-2001. Industry-specific S&E estimates are reported for 2000 and 2001. Section 5 concludes.

Endnotes

1. Atkinson and Court (1998: 41).
2. National Science Board (2004: Chapter 3, 5).



Chapter 2. Estimates of science and engineering employment–some context

There is a rich empirical literature describing the characteristics of national innovation systems.[3] Much of this literature explores cross-national differences in the size and scope of innovation inputs, such as the extent to which different countries are devoting resources to research and development (R&D). Canada's innovation climate is sometimes portrayed as disadvantaged because proportionately fewer resources are devoted to R&D in Canada than in many other countries, most notably the United States.[4] In a recent paper, Baldwin, Beckstead and Gellatly (2005) reported that a standard measure of the intensity with which businesses devote funds to innovation—the BERD-to-GDP ratio[5]—may significantly understate the relative size of Canada's innovation expenditures, because Canadian firms rely more extensively than do firms in many other countries on the acquisition of R&D and technological know-how from abroad. These acquisitions of foreign-produced R&D and technology are sometimes overlooked in cross-national evaluations of innovation performance, which often focus disproportionately on domestic R&D.

This paper extends our research on comparative innovation inputs by examining an alternate measure of the economic resources that can be devoted to the innovation process—the size of the economy's science and engineering workforce.

There are compelling reasons to focus on the labour market contributions of scientists and engineers when evaluating cross-border differences in innovation intensity. The activities of scientists and engineers have long been regarded as essential to technological innovation and economic growth. In practice, these activities take many different forms. Some involve formal R&D. Others do not. All involve applying science and technology in some way to the innovation process.

The scope of these labour market activities warrants emphasis. In a recent assessment of Canada's R&D performance, The Conference Board of Canada (2002: 4) warned that Canadian firms "are in dire need of more scientists, engineers and technologists", skilled workers that are required in great numbers "to carry out new R&D". While the centrality of scientists and engineers to R&D is not in dispute, many of these workers contribute to the innovation process via activities that fall outside the scope of what statisticians formally measure as R&D—notably through firm-specific advances in production engineering and technology adaptation. Seminal research by Mowery and Rosenberg (1989) has emphasized the importance of the technological breakthroughs that occur in production and engineering departments. This, in turn, has aided in advancing a view of the innovation process in which the impetus for innovation can originate from a variety of sources within the firm—from

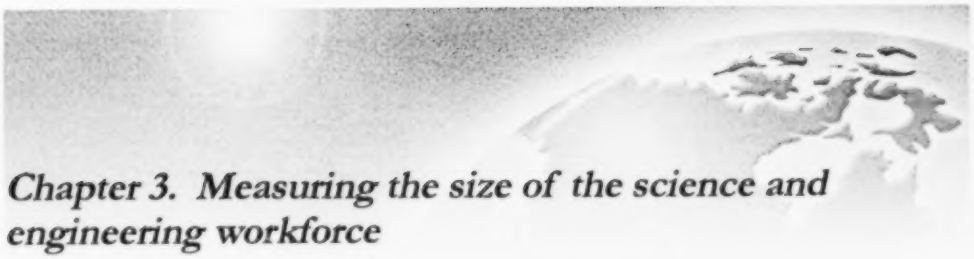
R&D laboratories, to production departments to management teams.[6] Assessments of innovation capabilities that focus on large cross-sections of science and engineering workers are consistent with this diverse view of the innovation process, in that these are workers that are actively engaged in a broad array of knowledge-creating activities, both within and outside the boundaries of formal R&D.

Domestic R&D-to-GDP ratios steadfastly remain at the core of international comparisons of innovation performance.[7] R&D expenditures, as Holbrook (1991: 259) notes, "are often used as the prime indicator of the level of technological resource inputs to an economy", and are "examined minutely as part of an overall examination of science policy." For its part, the OECD has historically "made the most of promoting this indicator (the GERD-to-GDP ratio) as central to science and technology development" (Voyer, 1999).

Our focus herein is on one particular measure of an economy's scientific and technology capability—the proportional size of its S&E workforce. We report these tabulations mindful of the fact that, like R&D intensity, estimates of scientific and engineering labour are but one indicator of the resources that are available to the innovation system, and should be regarded as such.[8] Comprehensive cross-national evaluations of innovation performance require healthy cross-sections of input and output measures—the consideration of which is beyond our scope here.[9] Rather, the labour estimates reported in this paper are intended to provide information on a dimension of the innovation process other than R&D. We look to these new data on science and engineering labour to learn more about whether, on the input side, Canada's innovation system is as disadvantaged as conventional R&D-to-GDP comparisons would suggest.

Endnotes

3. For background on innovation systems, see Lundvall (2004).
4. For discussion of Canada's R&D deficit, see Harris (2005). For a recent analysis that examines the role that "structure" and "intensity' effects play in explaining Canada's R&D gap relative to the United States, see ab Iorwerth (2005).
5. Two statistical measures are commonly used to gauge an economy's R&D effort, the GERD and the BERD. The former denotes gross domestic expenditure on research and experimental development, and "covers all R&D carried out on national territory in the year concerned" (OECD, 2002: 3). The BERD is a more restrictive measure, and includes only the subset of domestic R&D expenditures that occur in the Business Enterprise Sector.
6. This broader view of a diversity of innovation inputs is well supported by Canadian innovation surveys. For discussion, see Baldwin and Hanel (2003) and Baldwin and Gellatly (2003).
7. There are numerous studies that discuss the limitations of standard R&D to GDP comparisons. For discussion on how differences in industrial structure affect the precision (i.e., coverage) of R&D statistics, see Kleinknecht, Poot and Reijnen (1991); for an analysis of the scale effects inherent in R&D measurement, see Holbrook (1991) and Katz (2005).
8. A reliance on any single indicator can distort cross-national comparisons of innovation performance. In a recent paper on European innovation systems, Roper and Hewitt-Dundas (2005) reported country rankings for a variety of output-based measures of innovation activity after controlling for differences in industrial structure. The authors note that, in several cases, the choice of indicator will significantly alter cross-country perceptions of innovative performance, advising, in turn, that evaluations of innovation performance be based on a "basket of indicators".
9. For an excellent overview of innovation measurement, see Kleinknecht (1996). Godin (1996) discusses the statistical measures that have been developed to gauge the state of science and technology activity in Canada. The Conference Board of Canada's (2004) assessment of Canada's innovation climate is a good example of a comprehensive analytical framework—it examines 17 specific indicators in 4 broad categories: knowledge performance; skills performance, innovation environment, and community-based innovation.



Chapter 3. Measuring the size of the science and engineering workforce

The S&E estimates reported in this paper are based on an occupational structure that has been developed and used by the National Science Foundation (NSF) to profile the U.S. science and engineering population. As Pollak (1999) and Wilkinson (2002) note, there are two ways to estimate the size of this population, either via (a) a count of workers employed in S&E occupations or (b) a count of individuals who have attained science or engineering degrees. The use of one or the other method will dramatically affect the size and scope of the S&E population under study. The magnitude of these differences warrants emphasis. When S&E estimates are based on individuals employed in S&E occupations, the size of the United States S&E workforce in 1999 stood at about 3.5 million; alternatively, when these estimates are based on S&E degree holders, the S&E population increases to over 10 million (Wilkinson, 2002).[10] In Canada, individuals holding S&E degrees outnumber individuals employed in S&E occupations by a ratio of 2.2 to 1.

In this paper, we utilize the occupation-based method to estimate the size of the S&E population—focusing on individuals who are employed in a predetermined set of S&E and S&E-related occupations.[11] We have opted for an occupational definition because our main interest is in comparing the proportional size of the S&E workforce. It is these S&E workers that many regard as actively engaged in the creation of scientific and technical knowledge. They do so in many different segments of the labour market: in private companies, government departments, universities, and public- and privately-funded research institutes, to name but a few. The vast majority of these S&E workers were formally educated in S&E fields. But there are large numbers of individuals that possess S&E degrees that work in non-S&E occupations—workers who also contribute, in some measure, to the stock of scientific and engineering knowledge embedded in either country's workforce. While cross-national comparisons that include all S&E-trained individuals may be of interest to some, the more narrow focus on S&E occupations serves as the focal point for the comparative tabulations reported herein.

The National Science Foundation's S&E framework has traditionally designated two types of occupations: S&E-based and non S&E-based. S&E occupations are drawn from five basic categories: computer and mathematical scientists, physical sciences, life sciences, social sciences and engineering. All other occupations outside of these five categories were traditionally classified as non S&E occupations. Recently, the NSF has revised its binary classification scheme to include a third major occupational category—S&E-related occupations. These are jobs that contain a very substantial science or engineering component, but were originally classified as non S&E-based. In general terms, many of the individual

Table 1 Scientists and engineers and science and engineering-related occupations

Scientists and engineers
Computer and mathematical scientists
Computer and information scientists
Mathematical scientists
Post-secondary teachers—computer and math sciences
Life and related scientists
Agricultural and food scientists
Biological and medical scientists
Environmental life scientists
Post-secondary teachers—life and related sciences
Physical and related scientists
Chemists, except biochemists
Earth scientists, geologists and oceanographers
Physicists and astronomers
Other physical and related scientists
Post-secondary teachers—physical and related sciences
Social and related scientists
Economists
Political scientists
Psychologists
Sociologists and anthropologists
Other social and related scientists
Post-secondary teachers—social and related sciences
Engineers
Aerospace and related engineers
Chemical engineers
Civil and architectural engineers
Electrical and related engineers
Industrial engineers
Mechanical engineers
Other engineers
Post-secondary teachers—engineering
Science and engineering-related occupations (science and engineering-related workers)
Health-related occupations
Science and engineering managers
Science and engineering pre-college teachers
Science and engineering technicians and technologists
Other S&E-related occupations

Source: The National Science Foundation (NSF).

occupations that are included in this related S&E category have a more substantial applied or practical focus (e.g., technicians and technologists) than many of the research-oriented occupations included in the core S&E definition. We present this classification system in Table 1.

In this paper, we use the term "scientists and engineers" in direct reference to the five occupational categories noted above that together form the basis for the NSF's original S&E occupational framework. Similarly, we use the term S&E-related workers when referring to individuals employed in occupations that have recently been re-classified by the NSF as S&E-related. When we make reference to the broader scientific and engineering community within the economy, it is with reference to the union of these two occupational groups—S&E workers and S&E-related workers.

The S&E statistics reported in the following section are employment and earnings shares derived from recent Census of Population data for Canada and the United States.[12] These data are the most comprehensive available that allow us to derive comparable estimates of S&E employment and S&E earnings for the two countries. That said, there are several measurement issues that warrant emphasis.

First, the Canadian census is conducted at 5-year intervals. Canadian estimates are available for five separate census years: 1981, 1986, 1991, 1996 and 2001. By comparison, the U.S. census is conducted at 10-year intervals; U.S.-S&E estimates are available for 3 census years, 1980, 1990 and 2000. Canada/U.S. comparisons for specific periods are thus based on data collected in adjacent years (e.g., 1991 in Canada versus 1990 in the United States.). Given the stability of these employment and earnings shares over time, cross-country comparisons based on adjacent years do not, in our view, substantially diminish their interpretability. In what follows, our cross-sectional comparisons focus on the three census periods for which detailed U.S. micro-data are available: 1980-1981, 1990-1991 and 2000-2001.

An S&E employment share is defined as the ratio of employment in S&E occupations to total employment, based on counts of paid workers obtained from different census files.[13] Analogously, S&E earnings shares measure the portion of total paid earnings accounted for by workers in S&E occupations. The second measurement issue that warrants emphasis concerns the development of comparable census-based income estimates for the two countries. While both these employment and earning shares are conceptually straightforward, the latter cannot be computed directly from U.S. public-use census files. Earnings data on these files are *top coded*, a practice whereby income data for individuals in the top ranges of the income distribution are suppressed. Consequently, we rely on an alternate means of computing S&E earnings shares. For each country, we derive estimates of the share of total earnings accounted for by each S&E worker category by multiplying the number of S&E workers by their median earnings, and then dividing this estimate of total S&E earnings by the corresponding earnings estimate for all workers. These income shares have the general form:

$$(1) \qquad inc_shr_c^i = \frac{n_c^i * y_c^i}{\sum_i n_c^i * y_c^i}$$

where $inc_shr_c^i$ denotes the share of earnings accounted for by a specific set of occupations, i, in country c, n_c^i is the number of workers employed in occupations of type i in country c, y_c^i is the median income of these workers. The denominator in equation (1) is the estimated aggregate earnings of employed workers in country c. This technique yields accurate estimates of earnings shares across a range of different occupational categories.[14]

The third measurement issue is related to the accuracy of occupational coding on the Census of Population. Occupation coding is, in practice, a difficult task because it depends upon the completeness of the occupational description provided by the respondent. Based on this information, an occupational code is assigned to each respondent based on a coding operation. The coding error rate is felt to be high for certain occupations, particularly for management categories (Statistics Canada, 1999). Accordingly, we have avoided using detailed occupational categories in this paper. In our view, estimates for the higher-level occupational aggregates reported here are comparable for the two countries given the similarities in the methods used to derive the occupational data.[15]

We present our estimates of S&E employment and earnings in the next section.

Endnotes

10. The scope of the NSF's official S&E population is based on the union of these two methods—the non-duplicated sum of individuals working in S&E occupations or holding S&E degrees. For discussion, see Kannankutty and Wilkinson (1999).

11. An earlier Canadian study (Hansen, 1999) used *field of study* data to estimate the size of Canada's science and technology-based (S&T) workforce. The study then reported on the labour market outcomes (employment status, industry of location) associated with different categories of S&T workers.

12. Other organizations such as the OECD routinely publish comparisons involving many countries. Because of data availability and the longstanding practice of benchmarking Canadian economic data against U.S. data, we have limited our scope to a Canada/United States comparison.

13. This straightforward count-of-workers approach raises an issue of direct relevance to innovation measurement—distinguishing between labour effort that involves science and engineering activities and that which does not. Not all scientists and engineers are doing work relevant to the creation of scientific and engineering knowledge; in addition, of those who are carrying out relevant work, most undoubtedly divide their time between these knowledge-generating S&E activities and other more mundane tasks. Business surveys that collect information on the size of the R&D workforce handle this problem by asking business respondents to report their R&D effort in terms of full-time equivalents. Under this method, R&D workers are assigned a weight that is equal to the share of their labour effort that is devoted to R&D. For example, workers that spend all of their time on R&D receive a weight of one; those that spend one-half of their time on R&D receive a weight of 0.5. While the adjustment handles the 'part-time' problem in theory, it is difficult to achieve full-time equivalents (FTEs) in practice because respondents often do not keep information on the matter. FTE adjustments of this sort are well beyond our scope here, as our tabulations are derived from Canadian and U.S. census files, not from industrial surveys designed to collect information from science and engineering managers.

14. We evaluated the precision of this estimator directly from Canadian census data. We compared our results for equation (1) to the actual share estimates that one obtains when these are calculated directly from earnings data that are not top coded. (These actual shares are calculated as $\frac{Y_i}{Y_C}$, the sum of all earnings for individuals in occupational category *i* divided by the sum of employed earnings). The actual share values and the estimated values based on equation (1) are very similar, both in specific years and when compared over time. When we calculate these ratios from 2001 Canadian census data, there is a 1 percentage point difference between the actual earnings share and the estimated earnings share for S&E and S&E-related occupations obtained from equation (1). And this 1 percentage point difference also represents the divergence in the growth of these earnings ratios over the longer run, as the estimated and actual earnings shares from the 1981 Canadian census are virtually identical. These comparisons give us confidence in the reliability of the income shares reported herein.

15. An additional note on methods: Canadian estimates for 1991 are an average of the results obtained from two separate classification schemes, the 1980 Occupational Classification Codes (used for the 1981 estimates) and the 1991 Standard Occupational Classification (used for the 2001 estimates).

Chapter 4. S&E and S&E-related occupations in Canada and the United States

The shares of total employment and total earnings accounted for by scientists and engineers and workers in S&E-related occupations are reported in Table 2. These tabulations include workers in both private and public sector industries.

Table 2 Scientists and engineers and science and engineering-related employment and income shares

Employment shares	1980–1981	1990–1991	2000–2001
Canada			
Percentage of employed individuals classified as:			
Scientists and engineers	2.3	3.0	4.5
Science and engineering-related workers	7.5	8.7	9.0
Other workers	90.2	88.3	86.4
United States			
Percentage of employed individuals classified as:			
Scientists and engineers	2.6	3.3	4.5
Science and engineering-related workers	7.1	8.0	9.1
Other workers	90.4	88.7	86.4
Income shares			
Canada			
Percentage of paid earnings accounted for by:			
Scientists and engineers	4.2	5.2	7.7
Science and engineering-related workers	9.3	11.3	12.2
Other workers	86.6	83.5	80.1
United States			
Percentage of paid earnings accounted for by:			
Scientists and engineers	5.1	6.5	8.5
Science and engineering-related workers	7.3	9.0	10.7
Other workers	87.7	84.5	80.8

Note: Percentages may not add to 100 due to rounding.

Source: Tabulations based upon data from the 1981, 1991 and 2001 Canadian Censuses of Population and from the 1980, 1990 and 2000 United States Censuses of Population.

It is striking to note how similar the size of the S&E workforce is in Canada and the United States when viewed in proportional terms. In 1980 and 1981, S&E and S&E-related occupations together constituted 9.8% of paid employment in Canada and 9.7% of paid employment in the United States. Both countries have seen the relative importance of these workers increase, in virtual tandem, over time. By 1990 and 1991, S&E and S&E-related workers together accounted for 11.7% and 11.3% of paid employees in Canada and the United States, respectively. By 2000 and 2001, both countries had equivalent S&E and S&E-related shares, at 13.6% of total employment.

There are only modest differences in the proportional size of the two broad occupational classes that together comprise the science and engineering community. In 1980 and 1981 the United States had slightly more scientists and engineers than did Canada, at 2.6% and 2.3% of the workforce, respectively. By 2000 and 2001, the gap between the two countries had disappeared—scientists and engineers accounted for 4.5% of paid employees in both Canada and the United States.

Workers in the second broad occupational group of S&E-related occupations, are, on balance, far more numerous than scientists and engineers—though the relative numbers of scientists and engineers increased more dramatically in both countries during the 1990s. In earlier years, Canada had a slight edge over the United States in the proportionate size of this S&E-related workforce. In 1990 and 1991, these workers amounted to 8.7% of Canadian employment, compared to 8.0% of employment in the United States. By 2000 and 2001, these slight differences had again disappeared, with S&E-related workers amounting to 9.0% and 9.1% of the Canadian and American workforces.

Income growth within the S&E community has also followed a similar course in both countries, with gains in the S&E and S&E-related shares of paid earnings outpacing the corresponding gains in employment. From 1981 to 2001, scientists, engineers and workers in S&E-related occupations in Canada increased their share of paid earnings from 13.5% to 19.9%, while their counterparts in the United States saw their earnings share improve from 12.4% to 19.2%. Scientists and engineers generate the largest incomes in relation to their numbers. Workers in S&E-related occupations also generated income shares well in excess of their employment shares, most notably in Canada. And the difference between the income and employment shares of S&E related workers has been increasing over time in both countries.

The aggregate tabulations presented above reveal little difference in the proportionate size of the S&E and S&E-related workforces in Canada and the United States. The incidence of these workers is similar in each analysis period (1980-1981, 1990-1991 and 2000-2001) with the growth in S&E and S&E-related employment occurring in step in both countries. The same holds true when evaluating their paid earnings.

We next present more detailed estimates of S&E employment by industry, as a means of evaluating the extent to which these aggregate similarities obscure important differences in the location of science and engineering workers across the two economies. In this exercise, we focus specifically on the core set of scientists and engineers—workers that, in 2000 and 2001, accounted for 4.5% of employment in both countries.

Table 3 reports the share of employment accounted for by scientists and engineers in 20 different industry sectors, based on data from the 2000 U.S. census and the 2001 Canadian census. It also reports the share of total employment, based on all occupations, accounted for by each sector. In parentheses, we also list the rankings of each sector, in terms of S&E intensity and employment share, within each country.[16]

Table 3 Scientists and engineers in workforce, by industry

	Percentage of workforce accounted for by scientists and engineers				Industry share of total employment (%)			
	Canada	Sector ranking	United States	Sector ranking	Canada	Sector ranking	United States	Sector ranking
Professional, scientific and technical services	25.5	1	19.9	1	6.4	6	5.8	7
Information and cultural industries	12.7	2	11.4	2	2.7	15	3.1	14
Utilities	12.2	3	9.8	4	0.8	19	0.9	18
Mining and oil and gas extraction	8.9	4	8.5	5	1.1	18	0.4	19
Public administration	8.4	5	6.9	7	5.9	7	5.6	8
Management of companies and enterprises	7.8	6	10.6	3	0.1	20	0.1	20
Finance and insurance	5.6	7	5.5	8	4.2	12	5.0	9
Manufacturing	4.8	8	8.1	6	13.8	1	14.0	1
Wholesale trade	4.3	9	2.7	10	4.5	11	3.6	12
Education services	2.5	10	2.9	9	6.7	4	8.7	4
Administrative and support, waste management and remediation services	2.1	11	1.6	12	3.8	13	3.4	13
Health care and social assistance	1.6	12	1.9	11	10.0	3	11.0	3
Construction	1.5	13	1.4	14	5.4	8	6.7	5
Other services (except public administration)	1.3	14	1.0	18	4.8	10	4.8	10
Transportation and warehousing	1.3	15	1.2	16	5.0	9	4.3	11
Real estate and rental and leasing	1.3	16	0.9	19	1.7	17	1.9	15
Arts, entertainment and recreation	1.1	17	1.1	17	1.9	16	1.8	16
Agriculture, forestry, fishing and hunting	0.9	18	1.3	15	3.5	14	1.5	17
Retail trade	0.8	19	1.5	13	11.3	2	11.6	2
Accommodation and food services	0.1	20	0.2	20	6.5	5	6.0	6

Note: Industries are sorted by descending Canadian science and engineering share.

Source: Tabulations based upon data from the 2001 Canadian Census of Population and the 2000 United States Census of Population.

Canadian and U.S. S&E-intensities are similar across many of the sectors examined. Of the five most S&E-intensive sectors in each country, four are common to both countries. Two sectors warrant particular emphasis. First, the sector with the largest share of scientists and engineers in both countries—professional, scientific and technical services industries—is more S&E-intensive in Canada than in the United States. Scientists and engineers make up one-quarter of this sector's workforce in Canada, compared to about one-fifth in the United States. This sector makes up about 6% of the aggregate workforce in both countries. The second sector worth stressing is manufacturing. At 14% of both Canadian and U.S. employment, manufacturing is the largest sector examined above. And manufacturing is more S&E-intensive in the United States than in Canada. Scientists and engineers make up 8.1% of U.S. manufacturing employment, compared to 4.8% in Canada.

Though their relative rankings are similar in both countries, there is also some slight variation in Canada/United States S&E intensities across industries with more modest employment shares. Public administration industries in Canada have a higher S&E share (8.4%) than in the United States (6.9%). In both countries, education services is less S&E intensive than public administration. But education services is both proportionately larger and slightly more S&E-intensive in the United States. This said, these and other differences are qualitatively modest.

The sector-specific S&E tabulations noted here warrant comparison to a recent analysis of Canada's R&D effort which focused on the underlying importance of structural differences between the two economies. ab Iorwerth (2005) reports that a sizable portion of Canada's R&D gap, relative to the United States, stems from lower R&D spending in a small number of industries—industries that are heavily weighted in the derivation of Canadian GERD-to-GDP ratios. His study also noted that Canada is home to several research-intensive industries that perform proportionately more R&D than their American counterparts, but these are smaller industries that count less towards aggregate R&D comparisons. The tabulations presented herein suggest that these types of distributional factors that structurally disadvantage perceptions of Canada's R&D performance do not carry over to comparisons of S&E workers. Areas of the economy for which the United States is more S&E-intensive are offset by higher Canadian S&E intensities in other sectors. The employment weighting associated with these patterns of higher and lower S&E intensity generates an equivalent S&E share in the aggregate.

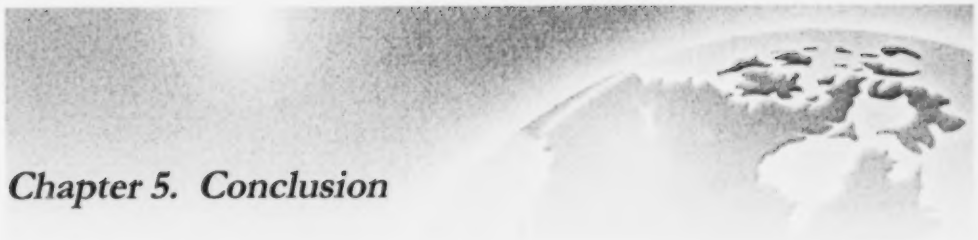
The sector-level comparisons presented in Table 3 provide a starting point for more detailed analyses of the structural and technological factors that contribute to sector-specific differences in S&E intensity between Canada and the United States. For the two sectors for which large differences in S&E intensity exist—manufacturing and professional, scientific and technical (PST) services—we can decompose the portion of this difference that is due to underlying variation in industry structure and underlying variation in technology skills. The first of these effects, variation in industrial structure, refers to the portion of the difference in S&E intensity in either manufacturing or PST services that stems from underlying differences between the two countries in the relative size of the industries that make up either sector. The second effect, variation in technology skills, refers to the portion of the difference in S&E intensity in either manufacturing or PST services that arises because of underlying differences in the intensity with which scientists and engineers are employed in these specific industries, after compositional effects are taken into account. (We present the mathematics of this decomposition in Appendix C.)

The Canadian manufacturing sector is 3.3 percentage points less S&E-intensive than its American counterpart. About half of this difference is due to underlying differences in the industrial composition of manufacturing between the two countries, after technological differences are taken into account; the remainder is due to differences in technological intensity after controlling for the effects of industrial composition. Within manufacturing, automotive and aerospace industries account for much of the difference in industrial structure leading to a higher S&E intensity in the United States. High-tech equipment industries[17] account for much of the difference in technological intensity after controlling for variation in the industry mix.

Canada's professional, scientific and technical services sector is 5.6 percentage points more S&E-intensive than its U.S counterpart. Here about two-thirds of the difference is driven by underlying variation in the industrial composition of this sector between the two countries. The computer systems design and related services industry accounts for much of the observed difference, in terms of both industry and technology effects.

Endnotes

16. We report the distribution of scientists and engineers across industries in Appendix B.
17. Computer and peripheral equipment manufacturing, communications, audio and video equipment manufacturing, and electronic components and products manufacturing.

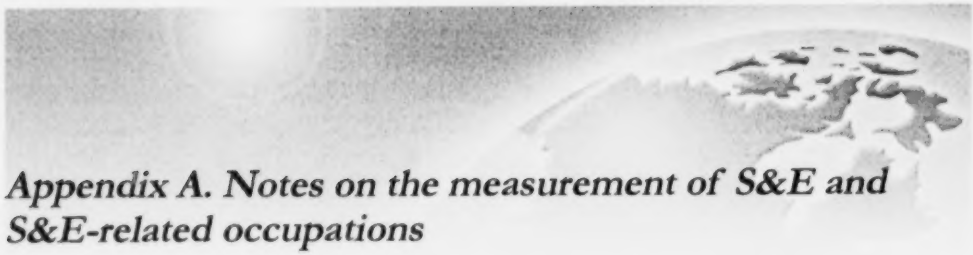


Chapter 5. Conclusion

There is a considerable interest in empirical studies that investigate how the innovation capabilities of national economies differ. Canada's innovation system is sometimes characterized as disadvantaged, because Canadian businesses devote proportionately fewer resources to research and development than do businesses in many other countries. Canada's R&D gap with the United States has received particular attention.

R&D-intensity is only one measure of an economy's innovative capacity. This paper focuses on a different input measure, the share of science and engineering occupations within the employed labour force. Scientists and engineers have long been regarded as important sources of technological innovation and economic growth. Many of these workers engage in R&D activities. Others engage in labour market activities that fall outside the boundaries of formal R&D.

Our tabulations use Census of Population data for Canada and the United States to estimate the size of the S&E workforce in both countries. While Canada may lag behind the United States in terms of its domestic expenditures on R&D, Canada does not look comparatively disadvantaged in terms of the size of its S&E workforce. In the aggregate, the portion of individuals employed in S&E and S&E-related occupations in the two countries is remarkably similar. These shares were similar 20 years ago, and have since grown in tandem.



Appendix A. Notes on the measurement of S&E and S&E-related occupations

The taxonomy used herein for quantifying the size of the S&E and S&E-related workforce is based on the occupational structure developed by the National Science Foundation (NSF). Several of the challenges involved in producing these estimates were noted in Section 2. In this appendix, we offer a more detailed discussion of data issues.

The main data development task for this study centered on operationalizing the NSF's occupational S&E framework in what could be termed as "census context"—both for Canada and the United States. This involved linking the detailed occupational structure used by the NSF to the occupational codes that are used to classify workers in the Canadian and U.S. censuses. Those census occupational codes change over time in each country, because of revisions to the occupational standards that occur periodically to reflect the changing occupational characteristics of the workforce. The challenge then was to identify a consistent set of S&E and S&E-related occupations for each country, and render these comparable between countries, both cross-sectionally (for a given census period) and over time (across all census periods under study). This process involved a reasonable amount of subjective evaluation as to the appropriateness of specific occupational codes and how to harmonize these code sets over time. However, we are confident that, in the main, the occupational codes used herein accord well with the substance of the NSF's science and engineering framework. (The detailed census occupational codes that are used are available from the authors upon request.)

Though discussed in Section 2, the key element of our occupational approach is worth stressing again here. Individuals are classified as scientists and engineers and S&E-related workers regardless of the nature of their formal education. In other words, some scientists and engineers—albeit a small minority—do not possess science, engineering or S&E-related degrees. This said, this occupation-based approach provides for a much more restrictive estimate of the S&E and S&E-related population than one obtains when using an education-based approach.

There are a number of detailed issues concerning the treatment of specific occupations that, for reasons of transparency, warrant mention. We note these below.

The NSF includes post-secondary teaching occupations in relevant S&E fields in its S&E definition. However, the Canadian census data do not classify post-secondary teachers by their subject matter (e.g., physics, chemistry, mathematics). Consequently, we allocate a portion of this post-secondary group to a single separate S&E-related category (based on

share of degree holders educated in S&E and S&E-related fields). To ensure comparability with the U.S. census data, detail on the subject matter of post-secondary educators is ignored.

Though the NSF creates a separate category for pre-college teachers in computer science, mathematics, science and social science, secondary teachers are not classified by subject matter in either country via the census. These educators are not included in the S&E and S&E-related classifications used in this research.

The NSF includes health diagnosing and treating professionals in their Life Sciences category if they have received a PhD (earned doctorate). In the United States census micro-data files, degree attainment is available for the 1990 and the 2000 censuses but not for the 1980 census. As a result, all health diagnosing and treating professionals are grouped together in the Health Occupations category.

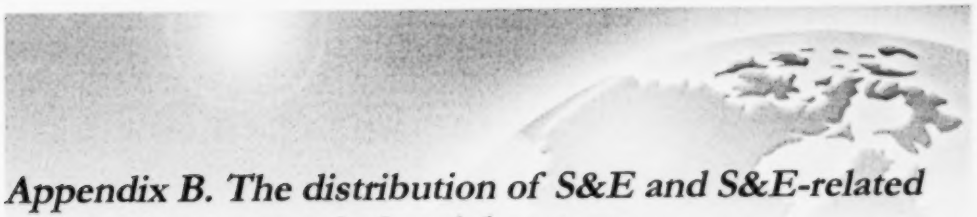
Sales Engineers are identified by distinct codes in the U.S. census micro-data files. However, in Canada, this occupation is not identified on census files (or in occupational classification systems). It is assumed that these individuals are classified to "other engineering occupations" as opposed to "technical sales specialists".

Some of the tabulations reported in this paper are derived using the 1980 Occupational Standard. This standard groups computer programmers together with computer systems analysts. To ensure continuity over time, we classify both sets of occupations to the Mathematics and Computer Science group within the main S&E category. The NSF allocates this occupation to its S&E-related group.

In the NSF framework, the Other S&E-related category includes actuaries and architects. Because of the occupational classification standards used in Canada, actuaries are grouped with mathematical occupations. Consequently, for both countries, we assign actuaries to the mathematics and computer science category in the main S&E group. Hence, in this study, architects (including landscape architects) are the only occupation included in the Other S&E related category.

Scientists and engineers in the Armed Forces are classified on an occupational basis in the Census (in both Canada and the United States) to an armed forces occupation. These workers can only be classified as scientists and engineers via the application of the NSF's degree-based taxonomy. Though this could be done in the Canadian context using major field-of-study data available from the Census, there is no corresponding data available from the U.S. micro-data census files. Consequently, these workers are excluded from the S&E and S&E-related definitions used herein.

S&E managers are measured reasonably well in the 2000 Standard Occupational Classification, but considerably less well in earlier classification systems. These classification systems assign managers in engineering, mathematics and natural sciences and managers in social sciences and related fields to higher-level occupational aggregates. Consequently, this study uses a more restrictive definition of S&E managers in the 1980-1981 and 1990-1991 analysis periods (based on managers in health and medicine-related occupations).



Appendix B. The distribution of S&E and S&E-related occupations across industrial sectors

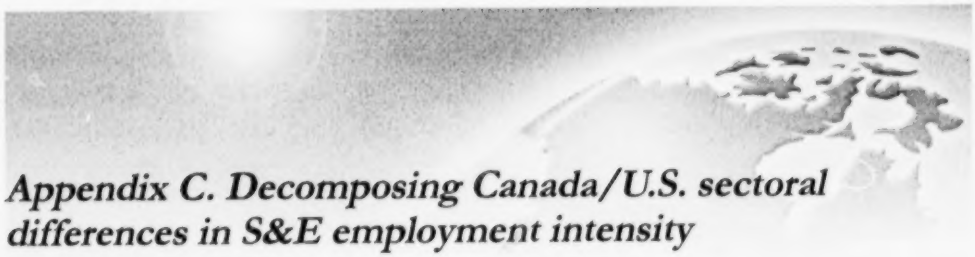
Table 3 in Section 4 reports on the percentage of employment accounted for by scientists and engineers in 20 different sectors, as a means of comparing the intensity of S&E employment across Canadian and U.S. industries. The following table outlines how the total stock of scientists and engineers in each country is distributed across these industries, in order to gauge the extent to which scientists and engineers are more heavily concentrated in certain sectors in one or the other country. As in Table 3, we also report the distribution of total paid employment across these industries in both Canada and the United States.

Table B1 Distribution of employment across industrial sectors

	Industry share of scientists and engineers (% of total)		Industry share of total employment (% of total)	
	Canada	United States	Canada	United States
Professional, scientific and technical services	35.9	25.9	6.4	5.8
Information and cultural industries	7.5	7.8	2.7	3.1
Utilities	2.1	2.0	0.8	0.9
Mining and oil and gas extraction	2.1	0.7	1.1	0.4
Public administration	10.9	8.6	5.9	5.6
Management of companies and enterprises	0.2	0.1	0.1	0.1
Finance and insurance	5.2	6.0	4.2	5.0
Manufacturing	14.8	25.4	13.8	14.0
Wholesale trade	4.2	2.2	4.5	3.6
Education services	3.6	5.6	6.7	8.7
Administrative and support, waste management and remediation services	1.7	1.2	3.8	3.4
Health care and social assistance	3.5	4.7	10.0	11.0
Construction	1.8	2.1	5.4	6.7
Other services (except public administration)	1.4	1.1	4.8	4.8
Transportation and warehousing	1.4	1.2	5.0	4.3
Real estate and rental and leasing	0.5	0.4	1.7	1.9
Arts, entertainment and recreation	0.4	0.4	1.9	1.8
Agriculture, forestry, fishing and hunting	0.7	0.4	3.5	1.5
Retail trade	2.0	4.0	11.3	11.6
Accommodation and food services	0.2	0.2	6.5	6.0

Note: Industries are sorted by descending Canadian science and engineering share, as reported in Table 3.
Source: Tabulations based upon data from the 2001 Canadian Census of Population and the 2000 United States Census of Population.

The industry examples discussed in Section 4 warrant emphasis here. As noted earlier, manufacturing accounts for 14% of total paid employment in both Canada and the United States. And, as reported in Table 3, Canada's manufacturing sector is less S&E intensive than its U.S. counterpart. The above data portray these differences in a new light—in Canada, only 15% of all scientists and engineers are employed in manufacturing, compared to about 25% of all U.S scientists and engineers. In a similar vein, we also noted earlier that Canada's professional, scientific and technical services sector is more S&E-intensive than its U.S. counterpart. While these industries account for roughly the same share of total employment in both countries, they are home to 36% of all Canadian scientists and engineers, compared to 26% of all scientists and engineers in the United States.



Appendix C. Decomposing Canada/U.S. sectoral differences in S&E employment intensity

The decomposition analysis discussed in Section 4 is described in detail below. This decomposition exercise focuses on the extent to which observed differences in the S&E employment intensity of a particulary sector (e.g., manufacturing in Canada versus manufacturing in the United States) is due to (1) underlying variation between the two countries in the relative size of the industries that make up the sector, and (2) underlying variation in the intensity of S&E employment within these more detailed industries. The first of these factors evaluates the role of industry composition; the second examines technological differences within these more detailed industries, as proxied by variation in the relative emphasis given to scientists and engineers.

Mathematically, this decomposition takes the following form. Let $E^{SE}_{C,i(s)}$ denote the Canadian S&E employment in sub-sector *i* (e.g., aerospace manufacturing) within sector *s* (e.g., manufacturing). The share of employed workers that are scientists and engineers in sub-sector *i* is

$$S^{SE}_{C,i(s)} = E^{SE}_{C,i(s)} / E_{C,i(s)}$$

The difference in S&E employment intensity between sector *s* in Canada and sector *s* in the United States, $S^{SE}_{C,s} - S^{SE}_{US,s}$, is denoted in the equation below as D, the sum of three terms (A, B, and C):

$$D = A + B + C.$$

Term A evaluates the impact of industry structure, holding the impact of technological skills constant. This is accomplished by setting Canada's S&E shares equivalent to the United States (observed) S&E shares:

$$[\sum_{i(s)} S_{C,i(s)} * S^{SE}_{US,i(s)}] - S^{SE}_{US,s}$$

Term B evaluates the impact of technology, holding the impact of industry structure constant. This is done by setting Canada's industry employment shares equivalent to the United States industry employment shares:

$$[\sum_{i(s)} S_{US,i(s)} * S^{SE}_{C,i(s)}] - S^{SE}_{US,s}$$

Term C represents the covariance term, which captures the interaction between term A (the industry effect) and term B (the technology effect). This takes the forms:

$$\sum_{i(s)} (S^{SE}_{C,i(s)} - S^{SE}_{US,i(s)})(S_{C,i(s)} - S_{US,i(s)}).$$

The results of this decomposition for two sectors—manufacturing and professional, scientific and technical services—are presented below.

Table C1 Results of decomposition analysis

Industry	Percentage point difference in S&E[1] employment share (Canada–U.S.) (Term D)	Difference due to underlying industry structure, controlling for technology (Term A)	Difference due to underlying S&E[1] intensity, controlling for industry (Term B)	Covariance term (Term C)
Manufacturing	-3.30	-1.81	-1.89	0.40
Professional, scientific and technical services	5.59	3.30	2.02	0.26

1. Science and engineering
Source: Tabulations based upon data from the 2001 Canadian Census of Population and the 2000 United States Census of Population.

References

ab Iorwerth, A. 2005. *Canada's Low Business R&D Intensity: The Role of Industry Composition*. Department of Finance Canada. Working Paper 2005-03. Ottawa: Department of Finance Canada.

Atkinson, R.D. and R.H. Court. 1998. The New Economy Index: Understanding America's Economic Transformation. Washington, DC: Progressive Policy Institute. (www.neweconomyindex.org/section3_page15.html)

Baldwin, J.R., D. Beckstead and G. Gellatly. 2005. *Canada's Investments in Science and Innovation: Is the Existing Concept of Research and Development Sufficient?* Economic Analysis Research Paper Series. Catalogue no. 11F0027MIE2005032. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R. and G. Gellatly. 2003. *Innovation Strategies and Performance in Small Firms*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Baldwin, J.R. and P. Hanel 2003. *Innovation and Knowledge Creation in an Open Economy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dosi, G., P. Llerena and M.S. Labini. 2005. *Evaluating and Comparing the innovation performance of the United States and the European Union*. Report prepared for the *TrendChart* Policy Workshop, 2005.

Godin, B. 1996. *The State of Science and Technology Indictors in the OECD Countries*. Science, Innovation and Electronic Information Division research papers. Catalogue no. 88F0017MIE1996001. Ottawa: Statistics Canada.

Hansen, W. 1999. *An Analysis of Science and Technology Workers: Deployment in the Canadian Economy*. Science, Innovation and Electronic Information Division Working Paper. Catalogue no. 88-006XIB-99003. Ottawa: Statistics Canada.

Harris, R. 2005. *Canada's R&D Deficit—And How to Fix It*. C.D. Howe Institute Commentary No. 211. Toronto: C.D. Howe Institute.

Holbrook, J.A.D. 1991. "The influence of scale effects on international comparisons of R&D expenditures." *Science and Public Policy*. 18, 4: 259–262.

Kannankutty, N. and R.K. Wilkinson. 1999. *SESTAT: A Tool for Studying Scientists and Engineers in the United States*. Arlington VA: National Science Foundation, Division of Science Resources Studies.

Katz, J.S. 2005. *Indicators for Complex Innovation Systems*. SPRU, University of Sussex. Mimeo.

Kleinknecht, A. 1996. New Indicators and Determinants of Innovation: An Introduction. In *Determinants of Innovation: The Message From New Indicators*. A. Kleinknecht (ed.). London: Macmillan Press.

Kleinknecht, A., T.P. Poot and J.O.N. Reijnen. 1991. "Formal and Informal R&D and Firm Size: Survey Results from the Netherlands." In *Innovation and Technological Change, an International Comparison*. Zoltan J. Acs and David B. Audretsch (eds.). New York: Harvester/Wheatsheaf. 84–108.

Lonmo, C. and F. Anderson. 2003. *A Comparison of International R&D Performance: An Analysis of Countries that have Significantly Increased Their GERD/GDP Ratios during the Period 1989-1999*. Science, Innovation and Electronic Information Division, Working Paper Series. Catalogue no. 88F0006XIE2003001. Ottawa: Statistics Canada.

Lundvall, B.-A. 2005. *National Innovation Systems – Analytical Concept and Development Tool*. Paper Prepared for presentation at the DRUID Tenth Anniversary Summer Conference 2005 on Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems. Copenhagen, Denmark. June 27–29, 2005.

Mowery, D.C. and N. Rosenberg. 1989. *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.

National Science Board. 2004. *Science and Engineering Indicators 2004. Volume 1 (NSB 04-1)*. Arlington, VA: National Science Foundation.

OECD. 2002. *Main Science and Technology Indicators*. Vol. 2000/2. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Pollak, M. 1999. *Counting the S&E Workforce – It's Not that Easy*. National Science Foundation. Directorate for Social, Behavioral and Economic Sciences. Division of Science Resources Studies Issue Brief, NSF 99-344. May 3, 1999.

Roper, S. and N. Hewitt-Dundas. 2005. *International Innovation Comparisons: Insight or Illusion?* Aston Business School Research Paper no. RP0503. Birmingham: Ashton Business School, Aston University.

Rosenberg, N. 1976. *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Statistics Canada. 1999. *1996 Census Dictionary – Final Edition.* Catalogue No. 92-351-UPE. Ottawa: Statistics Canada.

The Conference Board of Canada. 2004. *Exploring Canada's Innovation Character: Benchmarking Against Global Best.* Ottawa: The Conference Board of Canada.

The Conference Board of Canada. 2002. *The Road to Global Best. Leading Innovation Through R&D.* Innovation Challenge Paper No. 2. Ottawa: The Conference Board of Canada.

Voyer, R. 1999. "Thirty years of Canadian science policy: from 1.5 to 1.5." *Science and Public Policy*, 26.4 : 277–282.

Wilkinson, R.K. 2002. *How Large is the U.S. S&E Workforce?* Info Brief: Science Resources Statistics. National Science Foundation. Directorate for Social, Behavioural and Economic Sciences. NSF 02-325.

N° 11-622-MIF au catalogue — N° 011
ISSN : 1705-690X
ISBN : 0-662-71789-9

Document de recherche

Série sur l'économie canadienne en transition

Capacités d'innovation : l'emploi en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis

par Desmond Beckstead et Guy Gellatly

Division de l'analyse microéconomique
Immeuble R.-H. Coats, 18e étage, Ottawa, K1A 0T6

Téléphone: 1 800 263-1136

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Toute demande de renseignements au sujet du présent produit ou au sujet de statistiques ou de services connexes doit être adressée à la Ligne info-médias, Division des communications et des services de bibliothèque, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0T6 (téléphone : (613) 951-4636).

Pour obtenir des renseignements sur l'ensemble des données de Statistique Canada qui sont disponibles, veuillez composer l'un des numéros sans frais suivants. Vous pouvez également communiquer avec nous par courriel ou visiter notre site Web à www.statcan.ca.

Service national de renseignements	1 800 263-1136
Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants	1 800 363-7629
Renseignements concernant le Programme des services de dépôt	1 800 700-1033
Télécopieur pour le Programme des services de dépôt	1 800 889-9734
Renseignements par courriel	infostats@statcan.ca
Site Web	www.statcan.ca

Renseignements pour accéder au produit

Le produit nº 11-622-MIF au catalogue est disponible gratuitement sous format électronique. Pour obtenir un exemplaire, il suffi t de visiter notre site Web à www.statcan.ca et de choisir la rubrique Nos produits et services.

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fi ables et courtois, et ce, dans la langue offi cielle de leur choix. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle qui doivent être observées par les employés lorsqu'ils offrent des services à la clientèle. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1 800 263-1136. Les normes de service sont aussi publiées dans le site www.statcan.ca sous À propos de Statistique Canada > Offrir des services aux Canadiens.

Série de documents de recherche sur l'économie canadienne en transition

L'économie canadienne en transition est une série de nouveaux documents analytiques qui examinent les dynamiques du changement industriel présent dans l'économie canadienne. Cette nouvelle série offre aux utilisateurs des documents de recherche cohérents, sur une grande variété de perspectives empiriques de la structure industrielle de l'économie en mutation. Ces perspectives comprennent les dynamiques de la productivité, de la rentabilité, de l'emploi, de la production, de la structure professionnelle et de la géographie industrielle. Les lecteurs sont incités à correspondre avec les auteurs pour faire part de leurs commentaires, critiques et suggestions.

Les documents sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca.

Tous les documents de recherche de la Série *L'économie canadienne en transition,* font l'objet d'un processus de révision institutionnelle et d'évaluation par les pairs afin de s'assurer de leur conformité au mandat confié par le gouvernement à Statistique Canada en tant qu'agence statistique et de leur pleine adhésion à des normes de bonne pratique professionnelle, partagées par la majorité.

Les documents de cette série comprennent souvent des résultats provenant d'analyses statistiques multivariées ou d'autres techniques statistiques. Il faut noter que les conclusions de ces analyses sont sujettes à des incertitudes dans les estimations énoncées.

Le niveau d'incertitude dépendra de plusieurs facteurs : de la nature de la forme fonctionnelle de l'analyse multivariée utilisée; de la technique économétrique employée; de la pertinence des hypothèses statistiques sous-jacentes au modèle ou à la technique; de la représentativité des variables prises en compte dans l'analyse; et de la précision des données employées. Le processus de la revue des pairs vise à garantir que les articles dans les séries correspondent aux normes établies afin de minimiser les problèmes dans chacun de ces domaines.

Statistique Canada
Division de l'analyse microéconomique

Capacités d'innovation : l'emploi en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis

Desmond Beckstead et Guy Gellatly

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2006

Tous droits réservés. Le contenu de la présente publication électronique peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sans autre permission de Statistique Canada, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins d'étude privée, de recherche, de critique, de compte rendu ou en vue d'en préparer un résumé destiné aux journaux et/ou à des fins non commerciales. Statistique Canada doit être cité comme suit : Source (ou « Adapté de », s'il y a lieu) : Statistique Canada, année de publication, nom du produit, numéro au catalogue, volume et numéro, période de référence et page(s). Autrement, il est interdit de reproduire le contenu de la présente publication, ou de l'emmagasiner dans un système d'extraction, ou de le transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, reproduction électronique, mécanique, photographique, pour quelque fin que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable des Services d'octroi de licences, Division des services à la clientèle, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Mai 2006

N° 11-622-MIF au catalogue, n° 011
Périodicité : hors série

ISSN 1705-690X
ISBN 0-662-71789-9

Ottawa

This publication is also available in English (Catalogue no. 11-622-MIE, no. 011).

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier Nirmala Kannankutty de la National Science Foundation suite aux discussions efficaces portant sur la classification des professions de la NSF reliée aux scientifiques et aux ingénieurs ainsi que celles reliées aux sciences et au génie.

Les auteurs désirent également remercier John R. Baldwin, W. Mark Brown et deux analystes anonymes de leurs remarques et suggestions.

Table des matières

Préface 6

Sommaire 7

Chapitre 1. Introduction 9

Chapitre 2. Estimations de l'emploi en sciences et en génie – Contexte 12

Chapitre 3. Mesure de la taille de la main-d'oeuvre en sciences et en génie 15

Chapitre 4. Professions en S-G et reliées aux S-G au Canada et aux États-Unis 21

Chapitre 5. Conclusion 27

Annexe A. Notes sur la mesure des professions en sciences et en génie et reliées aux sciences et au génie 28

Annexe B. Répartition des scientifiques et des ingénieurs et des travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie selon le secteur de l'industrie 31

Annexe C. Décomposition des différences sectorielles d'intensité des emplois en sciences et en génie entre le Canada et les États-Unis 33

Bibliographie 35

Préface

Le présent document donne la comparaison de la taille et de la composition de l'emploi dans le secteur des sciences et du génie au Canada et aux États-Unis. Nous examinons la part de l'emploi rémunéré et des gains tirés d'un emploi rémunéré imputables à la main-d'œuvre en sciences et en génie dans les deux pays. Nos totalisations font la distinction entre un groupe de base et un groupe connexe de travailleurs en sciences et en génie. Le groupe de base comprend les informaticiens et les mathématiciens, les spécialistes des sciences de la vie, les spécialistes des sciences physiques, les spécialistes des sciences sociales et les ingénieurs. Le groupe connexe comprend les travailleurs du secteur de la santé, les directeurs des services de sciences et de génie, les technologistes et les techniciens des services de sciences et de génie, une catégorie résiduelle d'autres travailleurs en sciences et en génie et les enseignants du niveau postsecondaire en sciences et en génie. Nous examinons les parts de l'emploi et des gains des travailleurs en sciences et en génie au cours de la période allant de 1980-1981 à 2000-2001. Nous présentons des comparaisons détaillées par industrie pour 2000 et 2001.

Sommaire

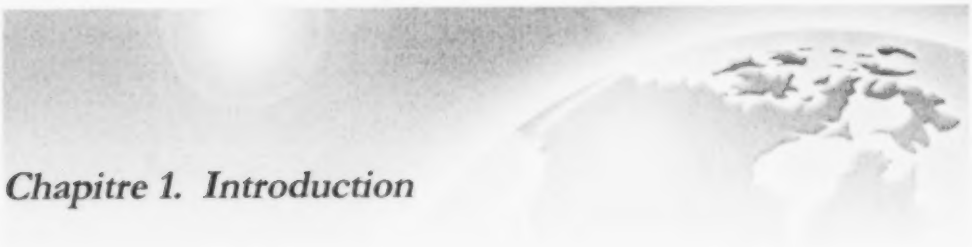
Depuis longtemps, les scientifiques et les ingénieurs sont considérés comme l'un des déterminants de la compétitivité industrielle d'un pays. La présente étude a pour but de comparer la taille et la composition de l'emploi en sciences et en génie (S-G) au Canada et aux États-Unis, à titre de facteurs facilitant l'évaluation des capacités d'innovation du Canada comparativement aux États-Unis. Nous présentons les parts de l'emploi rémunéré et des gains tirés d'un emploi rémunéré imputables à la main-d'œuvre en sciences et en génie dans les deux pays.

Nos totalisations font la distinction entre un groupe de base et un groupe connexe de travailleurs en sciences et en génie. Le groupe de base comprend les informaticiens et les mathématiciens, les spécialistes des sciences de la vie, les spécialistes des sciences physiques, les spécialistes des sciences sociales, ainsi que les ingénieurs. Le groupe connexe comprend les membres des professions liées à la santé, les directeurs des services de sciences et de génie, les technologues et techniciens en sciences et en génie, une catégorie résiduelle d'autres travailleurs en sciences et en génie et les enseignants du niveau postsecondaire en sciences et en génie.

Proportionnellement parlant, la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie est fort semblable au Canada et aux États-Unis. En 1980 et 1981, les travailleurs occupés à titre de scientifiques et d'ingénieurs ou appartenant à d'autres professions liées aux sciences et au génie représentaient, ensemble, 9,8 % de l'emploi rémunéré au Canada et 9,6 % aux États-Unis. Au cours du temps, l'importance relative des professions du domaine des sciences et du génie et des professions connexes a augmenté quasi-parallèlement dans les deux pays. En 1990 et 1991, ensemble, les travailleurs occupés dans ces professions spécialisées représentaient 11,7 % et 11,3 % des travailleurs rémunérés au Canada et aux États-Unis, respectivement. En 2000 et 2001, la proportion était passée à 13,6 % de l'emploi total dans les deux pays.

La croissance du revenu de la main-d'œuvre en sciences et en génie a également suivi un cours semblable dans les deux pays, l'accroissement des revenus ayant surpassé celui de l'emploi. De 1981 à 2001, les scientifiques, les ingénieurs et les travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie au Canada ont vu passer leur part des gains tirés d'un travail rémunéré de 13,4 % à 19,9 % au Canada, et de 12,3 % à 19,2 % aux États-Unis. Parmi la main-d'œuvre plus générale en sciences et en génie, les scientifiques et les ingénieurs sont ceux qui génèrent les revenus les plus élevés relativement à leur nombre.

Certaines différences se dégagent entre le Canada et les États-Unis en ce qui concerne l'intensité de l'emploi des scientifiques et des ingénieurs dans divers secteurs de l'économie. Le secteur comptant la part la plus importante de scientifiques et d'ingénieurs dans les deux pays, c'est-à-dire celui des services professionnels, scientifiques et techniques, emploie une plus forte proportion de scientifiques et d'ingénieurs au Canada qu'aux États-Unis, ces spécialistes représentant le quart de la main-d'œuvre de ce secteur au Canada, mais environ le cinquième aux États-Unis. Inversement, le secteur de la fabrication est caractérisé par une plus forte concentration de scientifiques et d'ingénieurs aux États-Unis qu'au Canada, ces spécialistes représentant 8,1 % de l'emploi dans le secteur de la fabrication aux États-Unis, comparativement à 4,8 % au Canada.



Chapitre 1. Introduction

Depuis longtemps, les scientifiques et les ingénieurs sont considérés comme l'un des déterminants de la compétitivité industrielle d'un pays. L'importance du rôle que jouent ces travailleurs spécialisés dans le progrès économique est généralement décrite sans équivoque. À cet égard, les positions adoptées par le Progressive Policy Institute et la National Science Foundation des États-Unis sont un bon exemple. Le Progressive Policy Institute commence son analyse de l'emploi en sciences et en génie en faisant remarquer que l'innovation technologique est l'un des principaux moteurs du progrès économique global et qu'elle est alimentée par une main-d'œuvre solide en génie et en sciences[1]. La National Science Foundation affirme que ces travailleurs contribuent énormément à l'innovation technique et à la croissance économique, à la recherche et à l'accroissement des connaissances[2]. Ces déclarations reflètent l'opinion très répandue selon laquelle la contribution des scientifiques et des ingénieurs au marché du travail est un intrant essentiel des systèmes d'innovation nationaux.

Dans la présente étude, nous comparons la taille et la composition de l'emploi en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis, à titre de facteur facilitant l'évaluation des capacités d'innovation au Canada comparativement aux États-Unis. Nous présentons les parts de l'emploi rémunéré et des gains tirés d'un emploi rémunéré imputables aux scientifiques, aux ingénieurs et aux travailleurs connexes dans les deux pays. Nos totalisations font la distinction entre un groupe de base et un groupe connexe de travailleurs en sciences et en génie. Le groupe de base comprend les informaticiens et les mathématiciens, les spécialistes en sciences de la vie, les spécialistes en sciences physiques, les spécialistes en sciences sociales et les ingénieurs. Le groupe connexe comprend les travailleurs des professions liées à la santé, les directeurs des services de sciences et de génie, les technologues et techniciens en sciences et en génie, une catégorie résiduelle d'autres travailleurs en sciences et en génie, et les enseignants en sciences et en génie du niveau postsecondaire. Nous présentons les parts de l'emploi et des gains des travailleurs en sciences et en génie pour la période allant de 1980-1981 à 2000-2001. Des comparaisons détaillées par industrie sont présentées pour 2000 et 2001.

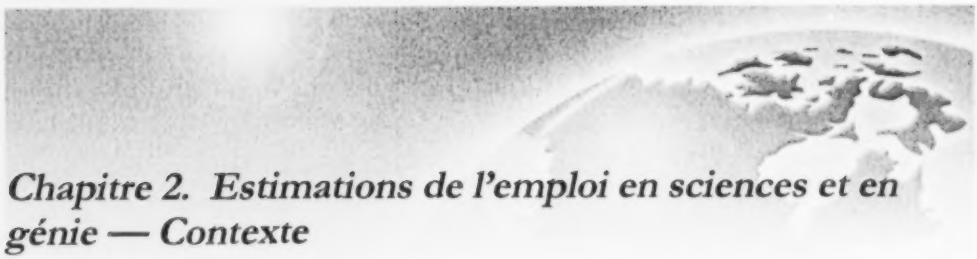
La présentation de l'article est la suivante. À la section 2, nous décrivons les raisons qui ont motivé la présente analyse. Nous avons produit nos totalisations en partant du principe que des estimations comparatives de l'emploi en sciences et en génie fourniraient des éclaircissements sur la taille relative du système d'innovation au Canada. À la section 3, nous discutons du système de classification utilisé pour quantifier la taille et la composition de la main-d'œuvre en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis. Cette classification

fait la distinction entre un ensemble de base de professions en sciences et en génie et un ensemble connexe de professions contenant une composante de sciences ou de génie importante.

À la section 4, nous présentons nos estimations de l'emploi et des gains tirés d'un travail rémunéré en sciences et en génie. Nous les donnons sous forme de parts de l'emploi et du revenu, c'est-à-dire les proportions de l'emploi total et du total des gains tirés d'un emploi rémunéré imputables aux personnes qui appartiennent aux professions en sciences et en génie et à celles reliées aux sciences et au génie. Ces estimations sont calculées d'après les données de recensement du Canada et des États-Unis couvrant la période de 20 ans de 1980-1981 à 2000-2001. Nous présentons aussi des estimations pour les sciences et le génie par industrie pour 2000 et 2001. Enfin, à la section 5, nous formulons nos conclusions.

Notes en fin de chapitre

1. Atkinson et Court (1998 : 41).
2. National Science Board (2004 : chapitre 3, 5).



Chapitre 2. Estimations de l'emploi en sciences et en génie — Contexte

Une littérature empirique abondante est consacrée à la description des caractéristiques des systèmes nationaux d'innovation[3]. La plupart de ces études explorent les différences entre pays en ce qui concerne la taille et la portée des intrants de l'innovation, comme l'importance relative des ressources consacrées à la recherche et au développement (R-D) selon le pays. Le climat d'innovation qui règne au Canada est parfois qualifié de défavorisé, parce que, toutes proportions gardées, un moins grand nombre de ressources sont consacrées à la R-D que dans de nombreux autres pays, principalement les États-Unis[4]. Dans une étude récente, Baldwin, Beckstead et Gellatly (2005) ont indiqué qu'une mesure type de l'intensité avec laquelle les entreprises consacrent des fonds à l'innovation, c'est-à-dire le ratio DIRDE-PIB[5], pourrait sous-estimer significativement la taille relative des dépenses d'innovation au Canada, parce que les entreprises canadiennes recourent plus fréquemment que celles de nombreux autres pays à l'achat de R-D et de connaissances technologiques à l'étranger. Ces achats de R-D et de technologies produites à l'étranger sont parfois oubliés dans les comparaisons internationales du rendement en innovation qui sont souvent axées de façon disproportionnée sur la R-D intérieure.

Le présent document prolonge notre étude comparative des facteurs de l'innovation grâce à l'examen d'une autre mesure des ressources économiques qui peuvent être consacrées au processus d'innovation, à savoir la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie.

Il existe des raisons convaincantes de se pencher sur la contribution des scientifiques et des ingénieurs au marché du travail lorsqu'on évalue les différences transfrontalières d'intensité de l'innovation. De longue date, les activités des scientifiques et des ingénieurs sont considérées comme étant essentielles à l'innovation technologique et à la croissance de l'économie. En pratique, ces activités prennent de multiples formes. Certaines comprennent des travaux officiels de R-D, mais d'autres non. Par contre, toutes comportent l'application des sciences et de la technologie au processus d'innovation.

La portée de ces activités sur le marché du travail mérite d'être soulignée. Lors d'une évaluation récente du rendement en R-D du Canada, le Conference Board du Canada (2002 : 4) a averti que les entreprises canadiennes ont désespérément besoin d'un plus grand nombre de scientifiques, d'ingénieurs et de technologues, c'est-à-dire un groupe de travailleurs spécialisés requis en grand nombre pour exécuter de nouveaux travaux de R-D. Bien que nous ne mettions pas en doute le rôle essentiel des scientifiques et des ingénieurs dans la R-D, nombre de ces travailleurs contribuent au processus d'innovation dans le cadre d'activités qui sortent du champ de ce que les statisticiens considèrent formellement comme

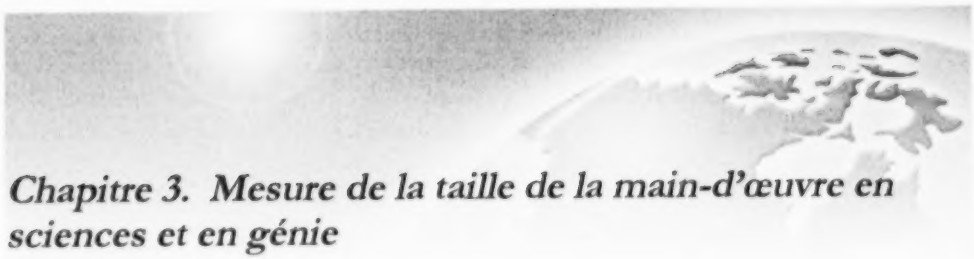
des activités de R-D, en particulier grâce aux progrès individuels des entreprises dans les domaines du génie de la production et de l'adaptation des technologies. Dans une étude fondamentale, Mowery et Rosenberg (1989) soulignent l'importance des découvertes technologiques qui ont lieu dans les services de production et d'ingénierie. Cette étude a contribué à promouvoir une vision du processus d'innovation où l'élan innovateur peut émaner de diverses sources au sein de l'entreprise, comme les laboratoires de R-D, les services de production ou les équipes de gestion[6]. Les évaluations des capacités d'innovation qui portent sur de grands échantillons représentatifs de travailleurs en sciences et en génie corroborent cette conception diversifiée du processus d'innovation, en ce sens qu'il s'agit de travailleurs qui participent dynamiquement à un large éventail d'activités créatrices de connaissances, dans les limites de la R-D officielle et en dehors de ces limites.

Les ratios de la R-D intérieure au PIB (produit intérieur brut) demeurent définitivement la base des comparaisons internationales du rendement en innovation[7]. Holbrook (1991 : 259) fait remarquer que les dépenses en R-D sont souvent utilisées comme indicateur principal du niveau d'utilisation des ressources technologiques dans une économie et qu'elles sont scrutées dans le cadre d'un examen global de la politique scientifique. Pour sa part, l'OCDE a, par le passé, fait autant qu'elle a pu la promotion de cet indicateur (ratio DIRD-PIB) comme étant essentiel au développement des sciences et des technologies (Voyer, 1999).

Nous nous intéressons ici à une mesure particulière de la capacité scientifique et technologique d'une économie, à savoir la taille proportionnelle de sa main-d'œuvre en sciences et en génie. Nous présentons ces totalisations en sachant que, comme l'intensité de la R-D, les estimations de la main-d'œuvre en sciences et en génie n'est que l'un des indicateurs des ressources dont disposent les systèmes d'innovation et qu'elles devraient être considérées en tant que tel[8]. Une évaluation transnationale complète du rendement en matière d'innovation nécessite de bons échantillons représentatifs de mesures des intrants et des extrants, dont l'examen dépasse le cadre de la présente étude[9]. Les estimations de la main-d'œuvre présentées ont pour but de fournir des renseignements sur une variable du processus d'innovation autre que la R-D. Nous examinons ces nouvelles données sur la main-d'œuvre en sciences et en génie pour essayer de mieux savoir, du côté des intrants, si le système d'innovation du Canada est aussi défavorisé que ne le laissent entendre les comparaisons conventionnelles du ratio de la R-D au PIB.

Notes en fin de chapitre

3. Pour des renseignements généraux sur les systèmes d'innovation, consulter Lundvall (2004).
4. Pour une discussion du déficit de la R-D du Canada, consulter Harris (2005). Pour une analyse récente examinant le rôle des effets de « structure » et d'« intensité » dans l'explication de l'écart entre le Canada et les États-Unis en matière de R-D, consulter ab Iorwerth (2005).
5. Deux mesures statistiques qui sont utilisées fréquemment pour évaluer l'effort de la R-D dans une économie sont la DIRD et la DIRDE. La première représente les dépenses intérieures brutes en recherche et développement expérimental et englobe toute la R-D intérieure réalisée durant l'année étudiée (OCDE, 2002 : 3). La DIRDE est une mesure plus restreinte qui inclut uniquement le sous-ensemble des dépenses en R-D intérieure du secteur des entreprises commerciales. PIB signifie Produit intérieur brut.
6. Les enquêtes sur l'innovation réalisées au Canada appuient bien cette vision plus générale d'une diversité de facteurs de l'innovation. Pour une discussion, voir Baldwin et Hanel (2003) et Baldwin et Gellatly (2003).
7. De nombreuses études portent sur les limites des comparaisons types de la R-D au PIB. Pour une discussion de l'effet des différences de structure industrielle sur la précision (c.-à-d. la couverture) des statistiques sur la R-D, voir Kleinknecht, Poot et Reijnen (1991); pour une analyse des effets d'échelle inhérents à la mesure de la R-D, voir Holbrook (1991) et Katz (2005).
8. Se limiter à un seul indicateur peut fausser les comparaisons du degré d'innovation entre pays. Dans une étude récente sur les systèmes d'innovation européens, Roper et Hewitt-Dundas (2005) ont publié des classements de pays pour une variété de mesures de l'activité d'innovation basées sur la production en tenant compte de l'effet des différences de structure industrielle. Ils font remarquer que, dans plusieurs cas, le choix de l'indicateur modifie significativement les perceptions quant au degré d'innovation des divers pays, et recommandent par conséquent que les évaluations du rendement en matière d'innovation soient fondées sur un « panier d'indicateurs ».
9. Pour une excellente vue d'ensemble des mesures de l'innovation, consulter Kleinknecht (1996). Godin (1996) discute des mesures statistiques qui ont été élaborées pour évaluer l'état de l'activité dans le domaine des sciences et de la technologie au Canada. L'évaluation du climat de l'innovation au Canada faite par le Conference Board du Canada (2004) est un bon exemple de cadre analytique complet. Il comprend 17 indicateurs spécifiques regroupés en 4 grandes catégories, à savoir le rendement en matière de connaissances, le rendement en matière de compétences, l'environnement de l'innovation et l'innovation dans les collectivités.



Chapitre 3. Mesure de la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie

Les estimations concernant les sciences et le génie présentées ici sont fondées sur une classification des professions qui a été établie et utilisée par la National Science Foundation (NSF) pour dresser le profil de la population de travailleurs en sciences et en génie aux États-Unis. Comme le soulignent Pollak (1999) et Wilkinson (2002), il existe deux façons d'estimer la taille de cette population, soit a) en dénombrant les travailleurs employés dans les professions en sciences et en génie ou b) en dénombrant les personnes qui ont obtenu un diplôme en sciences ou en génie. L'utilisation de l'une ou de l'autre méthode a une incidence considérable sur la taille et sur la portée de la population des sciences et du génie étudiée. L'importance de ces écarts nécessite un commentaire. Lorsque les estimations de la population des sciences et du génie sont fondées sur les personnes occupées dans les professions en sciences et en génie, la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie des États-Unis en 1999 est de l'ordre de 3,5 millions; par contre, si les estimations sont fondées sur les titulaires d'un diplôme en sciences ou en génie, la population des sciences et du génie devient supérieure à 10 millions (Wilkinson, 2002)[10]. Au Canada, les personnes titulaires d'un diplôme en sciences ou en génie dépassent en nombre celles travaillant dans les professions du domaine des sciences et du génie dans un rapport de 2,2 à 1.

Dans le présent document, nous utilisons la méthode basée sur les professions pour estimer la taille de la population du domaine des sciences et du génie, en nous concentrant sur les personnes qui sont occupées dans un ensemble prédéterminé de professions en sciences et en génie et reliées aux sciences et au génie[11]. Nous avons choisi une définition axée sur la profession, parce que nous voulons avant tout comparer la taille relative de la main-d'œuvre en sciences et en génie. Ce sont ces travailleurs que bon nombre considèrent comme participant activement à la création des connaissances scientifiques et techniques. Ils le font dans de nombreux secteurs du marché du travail, dont les entreprises privées, les ministères gouvernementaux, les universités, et les instituts de recherche financés par des deniers publics et privés, pour n'en nommer que quelques-uns. La grande majorité de ces travailleurs en sciences et en génie ont fait des études officielles dans le domaine des sciences ou du génie. Cependant, un grand nombre de personnes titulaires d'un diplôme en sciences ou en génie travaillent dans des professions n'appartenant pas à ce domaine, mais sont des travailleurs qui contribuent aussi, dans une certaine mesure, au stock de connaissances scientifiques et techniques intégré dans la population active de leur pays. Bien que les comparaisons entre pays portant sur toutes les personnes ayant une formation en sciences ou en génie puissent intéresser certains analystes, le champ plus étroit des professions en sciences et en génie est le point de concentration des totalisations comparatives présentées ici.

Tableau 1 Scientifiques et ingénieurs et professions reliées au domaine des sciences et du génie

Scientifiques et ingénieurs

Informaticiens et mathématiciens
- Informaticiens
- Mathématiciens
- Enseignants du niveau postsecondaire – informatique et mathématiques

Spécialistes des sciences de la vie et sciences associées
- Agronomes spécialistes de l'alimentation
- Biologistes et spécialistes du domaine médical
- Spécialistes des sciences de l'environnement et de la vie
- Enseignants du niveau postsecondaire – sciences de la vie et sciences associées

Spécialistes des sciences physiques et sciences associées
- Chimistes, sauf les biochimistes
- Spécialistes des sciences de la terre, géologues et océanographes
- Physiciens et astronomes
- Autres spécialistes des sciences physiques et sciences associées
- Enseignants du niveau postsecondaire – sciences physiques et sciences associées

Spécialistes des sciences sociales et sciences associées
- Économistes
- Politicologues
- Psychologues
- Sociologues et anthropologues
- Autres spécialistes des sciences sociales et sciences associées
- Enseignants du niveau postsecondaire – sciences sociales et sciences associées

Ingénieurs
- Ingénieurs en aérospatiale et disciplines connexes
- Ingénieurs chimistes
- Ingénieurs civiles et ingénieurs architectes
- Ingénieurs électriciens et électroniciens et en disciplines connexes
- Ingénieurs d'industrie et de fabrication
- Ingénieurs mécaniciens
- Autres ingénieurs
- Enseignants du niveau postsecondaire – génie

Professions reliées aux sciences et au génie (travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie)
- Professions du secteur de la santé
- Directeurs de services de sciences et de services de génie
- Enseignants en sciences et en génie de niveau précollégial
- Techniciens et technologues en sciences et en génie
- Autres professions reliées aux sciences et au génie

Source : La National Science Foundation (NSF).

Le cadre des sciences et du génie de la National Science Foundation définit conventionnellement deux types de professions, celles axées sur les sciences et le génie et celles non axées sur les sciences et le génie. Les professions en sciences et en génie couvrent cinq catégories élémentaires, à savoir l'informatique et les mathématiques, les sciences physiques, les sciences de la vie, les sciences sociales et le génie. Toutes les professions non classées dans l'une de ces cinq catégories étaient conventionnellement classées dans le groupe des professions hors du domaine des sciences et du génie. Récemment, la NSF a révisé son système de classification binaire afin d'inclure une troisième grande catégorie, c'est-à-dire les professions reliées au domaine des sciences et du génie. Il s'agit d'emplois présentant une composante scientifique ou technique très importante, mais qui étaient classés au départ dans la catégorie des professions en dehors du domaine des sciences et du génie. En général, un grand nombre de professions qui sont incluses dans cette nouvelle catégorie

ont une orientation nettement plus appliquée ou pratique (p. ex., techniciens et technologues) que la plupart des professions axées sur la recherche incluses dans la définition de base des professions en sciences et en génie. Nous présentons ce système de classification au tableau 1.

Dans la présente étude, l'expression « scientifiques et ingénieurs » renvoie directement aux cinq catégories professionnelles susmentionnées qui, ensemble, représentent le fondement du cadre des professions en sciences et en génie original de la NSF. De même, l'expression travailleurs reliés au domaine des sciences et du génie renvoie aux personnes appartenant à des professions qui ont été reclassifiées récemment par la NSF comme étant reliées aux sciences et au génie. Quand nous faisons référence à la communauté plus large des sciences et du génie au sein de l'économie, nous entendons l'union de ces deux groupes de professions, c'est-à-dire les travailleurs en sciences et en génie et les travailleurs reliés au domaine des sciences et du génie.

Les statistiques sur les sciences et le génie présentées à la section suivante sont les parts de l'emploi et des gains calculées d'après les données des recensements de la population récents du Canada et des États-Unis[12]. Ces données sont les plus complètes disponibles nous permettant de produire des estimations comparables de l'emploi et des gains dans le domaine des sciences et du génie pour les deux pays. Ceci dit, plusieurs problèmes de mesure doivent faire l'objet de commentaires.

En premier lieu, le recensement du Canada est réalisé tous les cinq ans. Les estimations pour le Canada sont disponibles pour cinq années de recensement, à savoir 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. En revanche, le recensement des États-Unis est réalisé tous les 10 ans; les chiffres sur les sciences et le génie aux États-Unis sont disponibles pour trois recensements, c'est-à-dire 1980, 1990 et 2000. Les comparaisons entre le Canada et les États-Unis pour des périodes particulières sont donc fondées sur des données recueillies pour des années adjacentes (p. ex., 1991 au Canada contre 1990 aux États-Unis). Étant donné la stabilité des parts de l'emploi et des gains en sciences et en génie au cours du temps, les comparaisons entre les deux pays fondées sur des années adjacentes ne réduisent pas considérablement, selon nous, leur interprétabilité. Dans la suite de l'exposé, nos comparaisons transversales portent sur les trois périodes de recensement pour lesquelles des microdonnées américaines sont disponibles, c'est-à-dire 1980-1981, 1990-1991 et 2000-2001.

Nous définissons la part de l'emploi en sciences et en génie comme étant le ratio de l'emploi dans les professions en sciences et en génie au total de l'emploi, fondé sur les dénombrements des travailleurs rémunérés obtenus d'après différents fichiers de données de recensement[13]. De façon analogue, la part des gains en sciences et en génie correspond à la proportion du total des gains tirés d'un travail rémunéré imputable aux travailleurs des professions en sciences et en génie. Le deuxième problème de mesure qu'il convient de souligner est celui de l'élaboration d'estimations du revenu fondées sur des données de recensement comparables pour les deux pays. Bien que les concepts de part de l'emploi et de part des gains soient simples, le second ne peut être calculé directement d'après les fichiers de données de recensement à grande diffusion des États-Unis. Les données sur les gains qui figurent

dans ces fichiers sont *plafonnées*, pratique qui consiste à supprimer les données sur le revenu des personnes situées à l'extrémité supérieure de la distribution des revenus. Par conséquent, nous recourons à un autre moyen pour calculer les parts des gains en sciences et en génie. Pour chaque pays, nous estimons la part du total des gains imputables à chaque catégorie de travailleurs en sciences et en génie en multipliant le nombre de travailleurs en sciences et en génie par leurs gains moyens, puis en divisant l'estimation ainsi obtenue du total des gains en sciences et en génie par l'estimation correspondante des gains pour l'ensemble des travailleurs. Ces parts du revenu ont la forme générale :

$$(1) \qquad rev_prt_c^i = \frac{n_c^i * y_c^i}{\sum_i n_c^i * y_c^i}$$

où $rev_prt_c^i$ représente la part des gains imputable à un ensemble particulier de professions, i, dans le pays c, n_c^i est le nombre de travailleurs occupés dans les professions de type i dans le pays c et y_c^i est le revenu médian de ces travailleurs. Le dénominateur de l'équation (1) correspond aux gains agrégés estimés des travailleurs occupés dans le pays c. Cette méthode produit des estimations exactes des parts des gains pour une gamme de catégories professionnelles[14].

Le troisième problème de mesure est lié à l'exactitude du codage des professions dans le Recensement de la population. En pratique, ce codage est une tâche difficile, parce qu'il dépend de la complétude de la description de la profession fournie par le répondant. En partant de cette information, un code de profession est attribué à chaque répondant par une opération de codage. On estime que le taux d'erreurs de codage est élevé pour certaines professions, particulièrement pour les catégories de la gestion (Statistique Canada, 1999). Par conséquent, nous avons évité d'utiliser des catégories professionnelles détaillées dans la présente étude. À notre avis, les estimations pour les agrégats de professions de plus haut niveau présentées ici pour les deux pays sont comparables, étant donné la similarité des méthodes utilisées pour dériver les données sur les professions[15].

Nous présentons nos estimations de l'emploi et des gains en sciences et en génie à la section suivante.

Notes en fin de chapitre

10. La portée de la population officielle des sciences et du génie de la NSF est fondée sur l'union de ces deux méthodes, c'est-à-dire la somme sans double compte des personnes travaillant dans les professions des sciences et du génie ou titulaires d'un diplôme en sciences ou en génie. Pour une discussion, voir Kannankutty et Wilkinson (1999).

11. Une étude canadienne antérieure (Hansen, 1999) a été réalisée en utilisant des données sur le *domaine d'études* pour estimer la taille de la main-d'œuvre en sciences et en technologie (S-T). L'étude présentait aussi les résultats sur le marché du travail (situation d'activité, industrie d'emploi) associés aux diverses catégories de travailleurs des S-T.

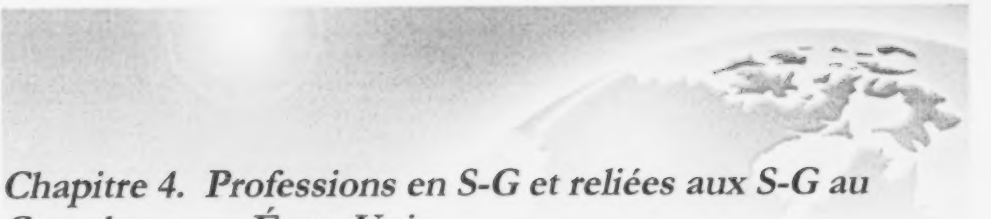
12. D'autres organismes, comme l'OCDE, publient régulièrement des comparaisons portant sur de nombreux pays. Pour des questions de disponibilité des données et compte tenu de la pratique de longue date consistant à étalonner les données sur l'économie canadienne en fonction des données américaines, nous avons limité la portée de notre étude à une comparaison entre le Canada et les États-Unis.

13. Cette approche du simple dénombrement des travailleurs soulève une question en rapport direct avec la mesure de l'innovation, à savoir faire la distinction entre le travail comportant des activités en sciences et en génie et celui qui n'en comporte pas. Les scientifiques et les ingénieurs ne font pas tous des travaux relevant de la création de connaissances scientifiques et techniques; de surcroît, parmi ceux qui réalisent des travaux pertinents, la plupart répartissent sans aucun doute leur temps entre ces activités de sciences et de génie génératrices de connaissances et d'autres tâches plus banales. Les enquêtes auprès des entreprises visant à recueillir des renseignements sur la taille de la main-d'œuvre en R-D règlent ce problème en demandant aux entreprises répondantes de déclarer leur effort de R-D en équivalents temps plein (ETP). Selon cette méthode, on attribue aux travailleurs en R-D un poids qui est égal à la part de leur effort de travail qui est consacré à la R-D. Par exemple, les travailleurs qui consacrent tout leur temps à la R-D reçoivent un poids de un; ceux qui y consacrent la moitié de leur temps reçoivent un poids de 0,5. Bien que l'ajustement tienne compte du problème du travail « à temps partiel » en théorie, il est difficile d'obtenir les données sur les ETP en pratique, parce que, souvent, les répondants ne gardent pas de renseignements à ce sujet. Les ajustements en fonction des ETP de ce type dépassent de loin le cadre de notre étude, car nos totalisations sont calculées d'après des fichiers de données des recensements du Canada et des États-Unis, et non d'après des données d'enquêtes auprès des industries conçues pour recueillir des renseignements auprès des directeurs des services de sciences et de génie.

14. Nous avons évalué la précision de cet estimateur directement d'après des données de recensement du Canada. Nous avons comparé les résultats que nous avons obtenus au moyen de l'équation (1) aux estimations de la part réelle que l'on obtient par calcul direct d'après les données sur les gains qui ne sont pas plafonnées. (Ces parts réelles sont calculées sous la forme $\frac{y_i'}{Y_C}$, c'est-à-dire la somme des gains de toutes les personnes appartenant à la catégorie professionnelle *i* divisée par la somme des gains des personnes occupées.) Les valeurs réelles

des parts et les valeurs estimées d'après l'équation (1) sont fort semblables, aussi bien pour des années particulières que si on les compare au fil du temps. Quand nous calculons ces ratios d'après les données du Recensement du Canada de 2001, nous observons un écart d'un point entre la part réelle des gains et la part estimée des gains d'après l'équation (1) pour les professions en sciences et en génie et les professions reliées aux sciences et au génie. Et cet écart d'un point de pourcentage représente aussi la divergence entre la croissance de ces ratios des gains dans le long terme, car les parts estimées de pourcentage et réelles des gains basées sur les données du Recensement du Canada de 1981 sont quasiment identiques. Ces comparaisons nous portent à croire que les parts du revenu présentées ici sont fiables.

15. Remarque supplémentaire concernant les méthodes : les estimations pour le Canada pour 1991 sont une moyenne des résultats obtenus d'après deux systèmes de classification distincts, c'est-à-dire la Classification type des professions de 1980 (utilisée pour calculer les estimations pour 1981) et la Classification type des professions de 1991 (utilisée pour calculer les estimations pour 2001).



Chapitre 4. Professions en S-G et reliées aux S-G au Canada et aux États-Unis

Les parts du total de l'emploi et du total des gains imputables aux scientifiques et aux ingénieurs, ainsi qu'aux travailleurs des professions reliées au domaine de la science et du génie sont présentées au tableau 2. Les totalisations englobent les travailleurs des industries des secteurs privé et public.

Tableau 2 Parts de l'emploi et du revenu des scientifiques et des ingénieurs et des travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie

Parts de l'emploi	1980–1981	1990–1991	2000–2001
Canada			
Pourcentage des personnes occupées classées dans la catégorie des:			
Scientifiques et ingénieurs	2,3	3,0	4,5
Travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie	7,5	8,7	9,0
Autres travailleurs	90,2	88,3	86,4
États-Unis			
Pourcentage des personnes occupées classées dans la catégorie des:			
Scientifiques et ingénieurs	2,6	3,3	4,5
Travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie	7,1	8,0	9,1
Autres travailleurs	90,4	88,7	86,4
Parts du revenu			
Canada			
Pourcentage des gains tirés d'un emploi rémunéré imputable aux:			
Scientifiques et ingénieurs	4,2	5,2	7,7
Travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie	9,3	11,3	12,2
Autres travailleurs	86,6	83,5	80,1
États-Unis			
Pourcentage des gains tirés d'un emploi rémunéré imputable aux:			
Scientifiques et ingénieurs	5,1	6,5	8,5
Travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie	7,3	9,0	10,7
Autres travailleurs	87,7	84,5	80,8

Note : La somme des pourcentages peut être différente de 100 puisque ceux-ci ont été arrondis.

Source : Totalisations fondées sur les données des recensements de la population du Canada de 1981, 1991 et 2001 et des recensements de la population des États-Unis de 1980, 1990 et 2000.

Toutes proportions gardées, la similarité de la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis est frappante. En 1980 et 1981, les professions en sciences et en génie et reliées aux sciences et au génie représentaient, ensemble, 9,8 % de l'emploi rémunéré au Canada et 9,7 % de l'emploi rémunéré aux États-Unis. Dans les deux pays, l'importance relative de ces travailleurs a augmenté presque simultanément au cours du temps. En 1990 et 1991, les travailleurs en sciences et en génie et reliés aux sciences et au génie représentaient ensemble 11,7 % et 11,3 % des travailleurs rémunérés au Canada et aux États-Unis, respectivement. En 2000 et 2001, la part de l'emploi en sciences et en génie et dans les professions reliées aux sciences et au génie était la même dans les deux pays, soit 13,6 % du total de l'emploi.

Les différences de taille relative entre les deux grandes catégories professionnelles qui, ensemble, forment la communauté des sciences et du génie sont modérées. En 1980 et 1981, les États-Unis possédaient une proportion de scientifiques et d'ingénieurs légèrement plus élevée que le Canada, soit 2,6 % et 2,3 % de la population active, respectivement. En 2000 et 2001, l'écart entre les deux pays avait disparu, les scientifiques et les ingénieurs représentant 4,5 % des travailleurs rémunérés au Canada ainsi qu'aux États-Unis.

Les travailleurs appartenant au deuxième grand groupe des professions reliées aux sciences et au génie sont, dans l'ensemble, nettement plus nombreux que les scientifiques et les ingénieurs, quoique les nombres relatifs de ces derniers aient augmenté spectaculairement dans les deux pays au cours des années 1990. Avant cela, le Canada avait un léger avantage par rapport aux États-Unis en ce qui concerne la taille relative de sa main-d'œuvre dans les professions reliées aux sciences et au génie. En 1990 et 1991, ces travailleurs représentaient 8,7 % de l'emploi au Canada, comparativement à 8,0 % aux États-Unis. En 2000 et 2001, ce léger écart avait de nouveau disparu, les travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie représentant 9,0 % et 9,1 % de la population active du Canada et des États-Unis, respectivement.

La croissance du revenu parmi les travailleurs de la communauté des sciences et du génie a également suivi le même cours dans les deux pays, et l'accroissement des gains tirés d'un travail rémunéré dans les professions en sciences et en génie et dans celles reliées aux sciences et au génie a surpassé l'accroissement correspondant de l'emploi. De 1981 à 2001, les scientifiques, les ingénieurs et les travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie au Canada ont vu passer leur part des gains tirés d'un travail rémunéré de 13,5 % à 19,9 %, tandis que leurs homologues américains ont vu la leur passer de 12,4 % à 19,2 %. Les scientifiques et les ingénieurs génèrent les revenus les plus importants relativement à leur nombre. Les travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie génèrent également une part du revenu bien supérieure à leur part de l'emploi, surtout au Canada. En outre, l'écart entre les parts du revenu et de l'emploi des travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie a augmenté au cours du temps dans les deux pays.

Les totalisations agrégées présentées plus haut révèlent peu de différences entre les tailles relatives de la main-d'œuvre en sciences et en génie et de celle dans les professions reliées aux sciences et au génie au Canada et aux États-Unis. L'incidence de ces travailleurs est la même pour chaque période visée par l'analyse (1980-1981, 1990-1991 et 2000-2001), la croissance de l'emploi en sciences et en génie et dans les professions reliées aux sciences et au génie ayant lieu pas à pas dans les deux pays. Il en est de même des gains tirés d'un travail rémunéré.

Nous allons maintenant présenter des estimations plus détaillées de l'emploi en sciences et en génie par secteur d'activité, afin de déterminer la mesure dans laquelle ces similarités observées au niveau agrégé masquent d'importantes différences en ce qui concerne l'emplacement des travailleurs en sciences et en génie dans les deux économies. Dans cet exercice, nous nous concentrons sur l'ensemble de base de scientifiques et d'ingénieurs, c'est-à-dire des travailleurs qui, en 2000 et 2001, représentaient 4,5 % de l'emploi dans les deux pays.

Tableau 3 Scientifiques et ingénieurs dans la population active, selon le secteur

	Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs dans la population active				Parts de l'emploi total imputable au secteur (%)			
	Canada	Classement du secteur	États-Unis	Classsement du secteur	Canada	Classement du secteur	États-Unis	Classement du secteur
Services professionnels, scientifiques et techniques	25,5	1	19,9	1	6,4	6	5,8	7
Industrie de l'information et industrie culturelle	12,7	2	11,4	2	2,7	15	3,1	14
Services publics	12,2	3	9,8	4	0,8	19	0,9	18
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	8,9	4	8,5	5	1,1	18	0,4	19
Administrations publiques	8,4	5	6,9	7	5,9	7	5,6	8
Gestion de sociétés et d'entreprises	7,8	6	10,6	3	0,1	20	0,1	20
Finance et assurances	5,6	7	5,5	8	4,2	12	5,0	9
Fabrication	4,8	8	8,1	6	13,8	1	14,0	1
Commerce de gros	4,3	9	2,7	10	4,5	11	3,6	12
Services d'enseignement	2,5	10	2,9	9	6,7	4	8,7	4
Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	2,1	11	1,6	12	3,8	13	3,4	13
Soins de santé et assistance sociale	1,6	12	1,9	11	10,0	3	11,0	3
Construction	1,5	13	1,4	14	5,4	8	6,7	5
Autres services (sauf les administrations publiques)	1,3	14	1,0	18	4,8	10	4,8	10
Transport et entreposage	1,3	15	1,2	16	5,0	9	4,3	11
Services immobiliers et services de location et de location à bail	1,3	16	0,9	19	1,7	17	1,9	15
Arts, spectacles et loisirs	1,1	17	1,1	17	1,9	16	1,8	16
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	0,9	18	1,3	15	3,5	14	1,5	17
Commerce de détail	0,8	19	1,5	13	11,3	2	11,6	2
Hébergement et services de restauration	0,1	20	0,2	20	6,5	5	6,0	6

Note : Les secteurs triés par ordre décroissant en fonction de la part de scientifiques et d'ingénieurs au Canada.

Source : Totalisations fondées sur les données du Recensement de la population des États-Unis de 2000 et du Rencensement de la population du Canada de 2001.

Le tableau 3 donne la part de l'emploi imputable aux scientifiques et aux ingénieurs dans 20 secteurs d'activité distincts, calculée d'après des données provenant du Recensement des États-Unis de 2000 et du Recensement du Canada de 2001. Nous présentons aussi la part du total de l'emploi, basée sur l'ensemble des professions, correspondant à chaque secteur. Entre parenthèses, nous donnons le classement de chaque secteur, en fonction de l'intensité des sciences et du génie et de la part de l'emploi, dans chaque pays[16].

L'intensité en sciences et en génie est semblable au Canada et aux États-Unis pour nombre des secteurs d'activité examinés. Parmi les cinq pour lesquels l'intensité en sciences et en génie est la plus forte dans chaque pays, quatre sont les mêmes dans les deux pays. Deux secteurs méritent un examen plus particulier. Premièrement, le secteur comptant la part la plus importante de scientifiques et d'ingénieurs dans chaque pays, c'est-à-dire celui des services professionnels, scientifiques et techniques, affiche une plus forte intensité en sciences et en génie au Canada qu'aux États-Unis. Les scientifiques et les ingénieurs représentent le quart de la main-d'œuvre de ce secteur au Canada, mais le cinquième seulement aux États-Unis. Ce secteur représente environ 6 % de l'ensemble de la population active dans les deux pays. Le deuxième secteur méritant un commentaire est celui de la fabrication.

Représentant 14 % de l'emploi au Canada ainsi qu'aux États-Unis, ce secteur est le plus important examiné plus haut. Or, l'intensité en sciences et en génie du secteur de la fabrication est plus forte aux États-Unis qu'au Canada. Les scientifiques et les ingénieurs y représentent 8,1 % de l'emploi aux États-Unis comparativement à 4,8 % au Canada.

Bien que le classement relatif des secteurs soit le même dans les deux pays, nous relevons de légères différences entre les intensités en sciences et en génie au Canada et aux États-Unis dans les secteurs d'activité dont la part de l'emploi est plus modeste. Le secteur des administrations publiques compte une part plus importante de la main-d'œuvre en sciences et en génie au Canada (8,4 %) qu'aux États-Unis (6,9 %), tandis que l'intensité en sciences et en génie est plus faible dans le secteur des services d'enseignement que dans celui des administrations publiques dans les deux pays. Toutefois, toutes proportions gardées, la taille du secteur américain des services d'enseignement est plus grande et son intensité en sciences et en génie, légèrement plus forte. Ceci étant dit, cette différence et les autres sont qualitativement modestes.

Il convient de comparer les totalisations concernant les sciences et le génie selon le secteur d'activité présentées ici aux résultats d'une analyse récente de l'effort de R-D au Canada axée sur l'importance sous-jacente des différences structurelles entre les deux économies. ab Iorwerth (2005) indique qu'une part importante de l'écart entre le Canada et les États-Unis en matière de R-D est attribuable à des dépenses en R-D plus faibles dans quelques industries, lesquelles ont une forte pondération dans le calcul des ratios DIRD-PIB au Canada. Son étude fait également ressortir que le Canada possède plusieurs industries à forte intensité de recherche qui font proportionnellement plus de R-D que leurs homologues américains, mais il s'agit de petites industries qui ont moins de poids dans les comparaisons de la R-D au niveau agrégé. Les totalisations présentées ici donnent à penser que ce genre de facteur distributionnel qui, structurellement, donne une impression défavorable du rendement en matière de R-D au Canada ne s'applique pas aux comparaisons de la main-d'œuvre en sciences et en génie. L'intensité en sciences et en génie plus forte dans certains domaines de l'économie américaine étant compensée par une intensité en sciences et en génie plus forte dans d'autres secteurs au Canada. La pondération par l'emploi associée à ces profils de plus forte et plus faible intensité en sciences et en génie produit des valeurs équivalentes d'intensité en sciences et en génie dans l'agrégat.

Les comparaisons intersectorielles présentées au tableau 3 constituent un point de départ pour la réalisation d'analyses plus détaillées des facteurs structurels et technologiques qui contribuent aux différences d'intensité en sciences et en génie selon le secteur entre le Canada et les États-Unis. Pour les deux secteurs pour lesquels nous observons des différences d'intensité importantes, c'est-à-dire la fabrication et les services professionnels, scientifiques et techniques (PST), nous pouvons décomposer l'écart en une partie due à la variation sous-jacente de la structure industrielle et une autre due à la variation sous-jacente des compétences techniques. Le premier de ces effets, la variation de la structure industrielle, représente la partie de la différence d'intensité en sciences et en génie dans le secteur de la fabrication ou celui des services PST qui émane de différences entre les deux pays en ce qui concerne la taille relative des industries qui composent ces secteurs. Le deuxième effet, celui de la

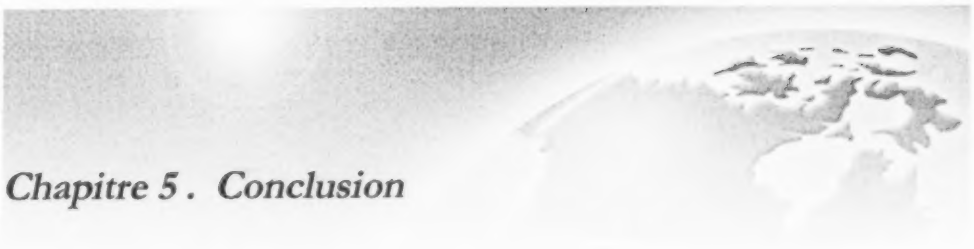
variation des compétences techniques, représente la part de la différence d'intensité en sciences et en génie dans le secteur de la fabrication ou celui des services PST due à des différences de concentration de l'emploi de scientifiques et d'ingénieurs dans ces secteurs particuliers, après que l'on ait tenu compte des effets de composition industrielle. (Nous présentons les mathématiques de cette décomposition à l'annexe C.)

L'intensité des sciences et du génie dans le secteur de la fabrication est inférieure de 3,3 points de pourcentage au Canada à celle observée aux États-Unis. Environ la moitié de cet écart est due à des différences sous-jacentes de composition industrielle de ce secteur, après que l'on ait tenu compte des différences technologiques; le reste de l'écart est attribuable à des différences d'intensité technologique, après avoir neutralisé les effets de la composition industrielle. Dans le secteur de la fabrication, les industries de l'automobile et de l'aérospatiale sont à l'origine de la plupart des différences de structure industrielle se traduisant par une plus forte intensité des sciences et du génie aux États-Unis. Les industries de la fabrication de matériel de haute technologie[17] rendent compte de la plupart de la différence d'intensité technologique, quand on tient compte de l'effet de la variation de la composition industrielle.

L'intensité des sciences et du génie dans le secteur des services professionnels, scientifiques et techniques est 5,6 points de pourcentage plus élevée au Canada qu'aux États-Unis. Ici, environ les deux tiers de l'écart sont dus à des différences sous-jacentes de composition industrielle de ce secteur entre les deux pays. L'industrie de la conception de systèmes informatiques et de services connexes est à l'origine de la plupart de l'écart observé, en ce qui concerne tant l'effet de la composition industrielle que celui des compétences technologiques.

Notes en fin de chapitre

16. Nous donnons la répartition des scientifiques et des ingénieurs entre les secteurs d'activité à l'annexe B.
17. Fabrication de matériel informatique et périphérique, fabrication de matériel de communications et de matériel audio et vidéo, et fabrication de composants et de produits électroniques.

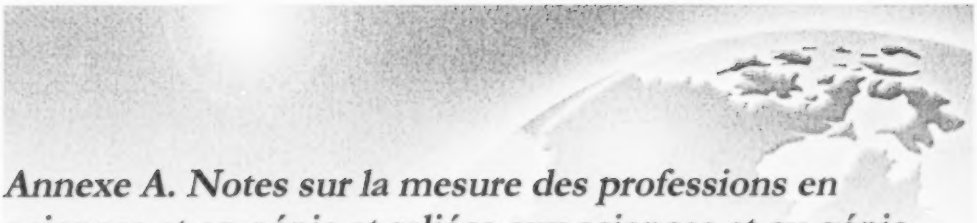


Chapitre 5. Conclusion

Les études empiriques portant sur les différences entre les capacités d'innovation des économies nationales suscitent beaucoup d'intérêt. Le système d'innovation du Canada est parfois considéré comme étant désavantagé, parce que les entreprises canadiennes consacrent, toutes proportions gardées, moins de ressources à la recherche et au développement que celles de nombreux autres pays. L'écart entre le Canada et les États-Unis en matière de R-D a fait l'objet d'une attention particulière.

L'intensité de la R-D n'est que l'une des mesures de la capacité d'innovation d'une économie. Le présent article est axé sur la mesure d'un facteur différent, à savoir la part de la main-d'œuvre occupée imputable aux professions en sciences et en génie. Depuis longtemps, les scientifiques et les ingénieurs sont considérés comme une source importante d'innovation technologique et de croissance de l'économie. Nombre de ces travailleurs font de la R-D, tandis que d'autres ont sur le marché du travail des activités qui sortent des limites de la R-D officielle.

Nos totalisations sont produites d'après les données du Recensement de la population du Canada et de celui des États-Unis afin d'estimer la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie des deux pays. Le Canada est peut-être moins bien placé que les États-Unis en ce qui concerne les dépenses intérieures en R-D, mais, relativement parlant, il ne semble pas désavantagé en ce qui concerne l'effectif de la main-d'œuvre en sciences et en génie. Au niveau agrégé, la part des personnes travaillant en sciences et en génie et dans les professions reliées aux sciences et au génie est étonnamment semblable dans les deux pays. Elles étaient semblables il y a 20 ans et, depuis, ont augmenté parallèlement.



Annexe A. Notes sur la mesure des professions en sciences et en génie et reliées aux sciences et au génie

La taxonomie utilisée ici pour quantifier la taille de la main-d'œuvre en sciences et en génie et dans les professions reliées aux sciences et au génie est fondée sur la classification des professions établie par la National Science Foundation (NSF) des États-Unis. Nous avons mentionné à la section 2 plusieurs des difficultés qu'a posées la production des estimations. La présente annexe donne une discussion plus détaillée des problèmes liés aux données.

Au fin de la présente étude, la principale tâche de développement des données consistait à opérationnaliser le cadre des professions en sciences et en génie de la NSF dans ce que nous pourrions appeler un « contexte de recensement », tant pour le Canada que pour les États-Unis. L'exercice comprenait l'établissement d'un lien entre la classification professionnelle détaillée utilisée par la NSF et les codes de profession utilisés pour classer les travailleurs dans les recensements du Canada et des États-Unis. Ces codes de profession du recensement évoluent au cours du temps dans chaque pays, à la suite de révisions apportées périodiquement aux normes professionnelles afin de refléter l'évolution des caractéristiques professionnelles de la population active. Le défi consistait donc à définir un ensemble cohérent de professions en sciences et en génie et reliées aux sciences et au génie pour chaque pays, puis à les rendre comparables, transversalement (pour une période de recensement donnée) ainsi qu'au cours du temps (sur l'ensemble des périodes de recensement étudiées). Cet exercice comportait un degré raisonnable d'évaluation subjective afin de déterminer quels codes de profession particuliers étaient appropriés et la façon d'harmoniser ces ensembles de codes au cours du temps. Cependant, dans l'ensemble, nous sommes convaincus que les codes de profession utilisés ici concordent bien, fondamentalement, avec le cadre des professions en sciences et en génie de la NSF. (La liste détaillée des codes de profession du recensement utilisés peut être obtenue sur demande auprès des auteurs.)

Bien que nous en ayons discuté à la section 2, les éléments essentiels de notre approche axée sur les professions méritent d'être réitérés ici. Les individus sont classés dans la catégorie des scientifiques et des ingénieurs ou dans celle des professions reliées au domaine des sciences et du génie, quelles que soient les études officielles qu'ils ont faites. Autrement dit, certains scientifiques et ingénieurs, quoiqu'une faible minorité, ne possèdent pas de diplôme en sciences, en génie ou dans un domaine relié aux sciences et au génie. Ceci dit, cette approche axée sur la profession permet de produire des estimations nettement plus restreintes de la population de scientifiques et d'ingénieurs et de la population des professions reliées aux sciences et au génie que celle produite en utilisant l'approche axée sur les études.

Un certain nombre de questions détaillées concernant le traitement de professions particulières doivent être mentionnées ici par souci de transparence. Nous les exposons ci-après.

La NSF inclut les professions relatives à l'enseignement postsecondaire dans les domaines pertinents des sciences et du génie dans sa définition du domaine des sciences et du génie. Cependant, dans les données de recensement du Canada, les enseignants du niveau postsecondaire ne sont pas classés selon leur domaine spécialisé (p. ex., physique, chimie, mathématiques). Par conséquent, nous affectons une part de ce groupe d'enseignants du niveau postsecondaire à une catégorie distincte de professions reliées aux sciences et au génie (en nous basant sur la part de titulaires d'un diplôme en sciences ou en génie ou dans les domaines reliés aux sciences et au génie). Pour assurer la comparabilité avec les données de recensement des États-Unis, nous ne tenons pas compte du domaine spécialisé des enseignants du niveau postsecondaire.

Bien que la NSF crée une catégorie distincte pour les enseignants de niveau précollégial en informatique, en mathématiques, en sciences et en sciences sociales, les enseignants du secondaire ne sont classés, selon le domaine spécialisé, dans ni l'un ni l'autre pays dans les données de recensement. Ces enseignants ne sont pas inclus dans la classification des professions en sciences et en génie et de celles reliées aux sciences et au génie utilisées pour la présente étude.

La NSF inclut les spécialistes du diagnostic et du traitement du secteur de la santé dans sa catégorie des sciences de la vie s'ils ont obtenu un doctorat. Dans les fichiers de microdonnées du recensement des États-Unis, des renseignements sur l'obtention d'un diplôme sont disponibles pour les recensements de 1990 et de 2000, mais non pour celui de 1980. Par conséquent, tous les spécialistes du diagnostic et du traitement du secteur de la santé sont regroupés dans la catégorie des professions du secteur de la santé.

Les ingénieurs commerciaux sont identifiés par des codes distincts dans les fichiers de microdonnées du recensement des États-Unis. Cependant, au Canada, cette profession n'est pas codée dans les fichiers de recensement (ni dans les systèmes de classification des professions). Nous supposons que ces personnes sont classées dans la catégorie des « autres professionnels en génie » plutôt que dans celle des « spécialistes des ventes techniques ».

Certaines totalisations présentées dans le document sont calculées en utilisant la Classification type des professions de 1980. Dans cette classification, les programmeurs et les analystes de systèmes informatiques sont regroupés. Pour assurer la continuité au cours du temps, nous avons classé ces deux ensembles de professions dans le groupe des mathématiciens et des informaticiens dans la catégorie principale des scientifiques et des ingénieurs. La NSF classe cette profession dans le groupe des professions reliées aux sciences et au génie.

Dans le cadre de la NSF, la catégorie des autres professions reliées aux sciences et au génie comprend les actuaires et les architectes. Par contre, dans la Classification type des professions utilisée au Canada, les actuaires sont regroupés avec les mathématiciens. Par

conséquent, pour les deux pays, nous classons les actuaires dans la catégorie des mathématiciens et des informaticiens dans le groupe principal des scientifiques et ingénieurs. Donc, dans la présente étude, les architectes (y compris les architectes paysagistes) représentent la seule profession incluse dans la catégorie des autres professions reliées aux sciences et au génie.

Les scientifiques et les ingénieurs des Forces armées sont classés en fonction de leur profession dans une catégorie de profession des Forces armées dans le cadre du recensement (tant au Canada qu'aux États-Unis.). Ces travailleurs ne peuvent être classés que comme des scientifiques ou des ingénieurs au moyen de la taxonomie axée sur le diplôme de la NSF. Cela pourrait se faire dans le contexte canadien en utilisant les données sur le domaine principal d'études disponibles dans le recensement, mais il n'existe aucune donnée correspondante dans les fichiers de microdonnées du recensement des États-Unis. Par conséquent, ces travailleurs sont exclus des définitions de la catégorie des scientifiques et des ingénieurs et de celle des professions reliées aux sciences et au génie utilisées ici.

La catégorie des directeurs des services de sciences et de génie est raisonnablement bien définie dans la Classification type des professions de 2000, mais nettement moins bien dans les systèmes de classification antérieurs. Dans ces derniers, les directeurs des services de génie, de mathématiques et de sciences naturelles et les directeurs des services de sciences sociales et de domaines connexes sont inclus dans des agrégats professionnels de plus haut niveau. Par conséquent, dans la présente étude, nous utilisons une définition plus restreinte des directeurs des services de sciences et de génie pour l'analyse réalisée pour 1980-1981 et 1990-1991 (fondée sur les cadres des professions liées à la santé et à la médecine).

Annexe B. Répartition des scientifiques et des ingénieurs et des travailleurs des professions reliées aux sciences et au génie selon le secteur de l'industrie

Le tableau 3 de la section 4 donne le pourcentage de l'emploi imputable aux scientifiques et aux ingénieurs de 20 secteurs distincts, afin de comparer l'intensité de l'emploi en sciences et en génie dans les secteurs d'activité du Canada et des États-Unis. Le tableau qui suit donne, pour chaque pays, la répartition du stock total de scientifiques et d'ingénieurs entre ces secteurs, afin de déterminer dans quelle mesure la concentration des scientifiques et des ingénieurs est plus forte dans certains secteurs que dans d'autres dans l'un ou l'autre pays. Comme au tableau 3, nous donnons aussi la répartition de l'emploi total rémunéré entre ces secteurs au Canada ainsi qu'aux États-Unis.

Tableau B1 Répartition de l'emploi selon le secteur de l'industrie

	Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs dans la population active		Parts de l'emploi total imputable au secteur	
	Canada	États-Unis	Canada	États-Unis
Services professionnels, scientifiques et techniques	35,9	25,9	6,4	5,8
Industrie de l'information et industrie culturelle	7,5	7,8	2,7	3,1
Services publics	2,1	2,0	0,8	0,9
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	2,1	0,7	1,1	0,4
Administrations publiques	10,9	8,6	5,9	5,6
Gestion de sociétés et d'entreprises	0,2	0,1	0,1	0,1
Finance et assurances	5,2	6,0	4,2	5,0
Fabrication	14,8	25,4	13,8	14,0
Commerce de gros	4,2	2,2	4,5	3,6
Services d'enseignement	3,6	5,6	6,7	8,7
Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	1,7	1,2	3,8	3,4
Soins de santé et assistance sociale	3,5	4,7	10,0	11,0
Construction	1,8	2,1	5,4	6,7
Autres services (sauf les administrations publiques)	1,4	1,1	4,8	4,8
Transport et entreposage	1,4	1,2	5,0	4,3
Services immobiliers et services de location et de location à bail	0,5	0,4	1,7	1,9
Arts, spectacles et loisirs	0,4	0,4	1,9	1,8
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	0,7	0,4	3,5	1,5
Commerce de détail	2,0	4,0	11,3	11,6
Hébergement et services de restauration	0,2	0,2	6,5	6,0

Note : Les secteurs sont classés par ordre décroissant des parts des scientifiques et des ingénieurs au Canada, telles qu'elles sont présentées au tableau 3.

Source : Totalisations fondées sur les données du Recensement de la population des États-Unis de 2000 et du Rencensement de la population du Canada de 2001.

Les exemples de secteurs examinés à la section 4 nécessitent un commentaire ici. Comme nous l'avons mentionné plus haut, la fabrication représente 14 % de l'emploi rémunéré total au Canada ainsi qu'aux États-Unis. Et, comme il est indiqué au tableau 3, l'intensité en sciences et en génie dans le secteur de la fabrication est moins forte au Canada qu'aux États-Unis. Les données susmentionnées jettent un nouvel éclairage sur ces différences. Au Canada, 15 % seulement des scientifiques et des ingénieurs sont employés en fabrication, comparativement à environ 25 % aux États-Unis. Dans la même veine, nous avons également mentionné plus haut que le secteur des services professionnels, scientifiques et techniques est caractérisé par une plus forte intensité des sciences et du génie au Canada qu'aux États-Unis. Bien que ce secteur représente environ la même part de l'emploi total dans les deux pays, il emploie 36 % des scientifiques et des ingénieurs au Canada, comparativement à 26 % aux États-Unis.

Annexe C. Décomposition des différences sectorielles d'intensité des emplois en sciences et en génie entre le Canada et les États-Unis

L'analyse par décomposition dont il est discuté à la section 3 est décrite en détails ci-après. Cette analyse a pour but de déterminer la mesure dans laquelle les différences observées d'intensité des emplois en sciences et en génie dans un secteur particulier (p. ex., fabrication au Canada contre fabrication aux États-Unis) sont dues à 1) des différences sous-jacentes entre les deux pays en ce qui concerne la taille relative des industries qui constituent le secteur et 2) des différences sous-jacentes entre les deux pays de l'intensité d'utilisation des emplois en sciences et en génie dans ces industries de niveau moins agrégé. Le premier de ces facteurs évalue le rôle de la composition industrielle et le second, les différences technologiques dans ces industries moins agrégées, en utilisant comme variable de substitution la variation de l'importance relative accordée aux scientifiques et aux ingénieurs.

Mathématiquement, cette décomposition prend la forme suivante. Soit $T^{SI}_{C,i(s)}$ l'emploi des scientifiques et des ingénieurs au Canada dans le sous-secteur i (p. ex., fabrication aérospatiale) faisant partie du secteur s (p. ex., fabrication). La part des travailleurs occupés qui sont des scientifiques et des ingénieurs dans le sous-secteur i est

$$P^{SI}_{C,i(s)} = T^{SI}_{C,i(s)} / T_{C,i(s)}$$

La différence d'intensité des emplois en sciences et en génie entre le secteur s au Canada et le secteur s aux États-Unis, $P^{SI}_{C,s} - P^{SI}_{EU,s}$, est dénotée par D dans l'équation qui suit et est égale à la somme de trois termes (A, B et C) :

$$D = A + B + C.$$

Le terme A évalue l'effet de la structure industrielle, lorsqu'on maintient constant celui des compétences technologiques, ce que l'on accomplit en rendant les parts de scientifiques et d'ingénieurs au Canada égales aux parts (observées) de scientifiques et d'ingénieurs au États-Unis :

$$[\sum_{i(s)} P_{C,i(s)} * P^{SI}_{EU,i(s)}] - P^{SI}_{EU,s}$$

Le terme B évalue l'effet de la technologie, lorsqu'on maintient constant celui de la structure industrielle, ce que l'on accomplit en imposant que les parts de l'emploi des industries au Canada soient égales aux parts de l'emploi des industries aux États-Unis :

$$[\sum_{i(s)} P_{EU,i(s)} * P^{SI}_{C,i(s)}] - P^{SI}_{EU,s}$$

Le terme C représente le terme de covariance, qui reflète l'interaction entre le terme A (l'effet de la structure industrielle) et le terme B (l'effet technologique). Il prend la forme suivante :

$$\sum_{i(s)} (P^{SI}_{C,i(s)} - P^{SI}_{EU,i(s)})(P_{C,i(s)} - P_{EU,i(s)}) .$$

Les résultats de cette décomposition sont présentés ci-après pour deux secteurs, à savoir la fabrication et les services professionnels, scientifiques et techniques.

Tableau C1 Résultats de l'analyse par décomposition

Secteur	Différence en point de pourcentage entre les parts des S-G[1] (Canada – États-Unis) (terme D)	Différence due à la structure industrielle sous-jacente, en neutralisant l'effet de la technologie (terme A)	Différence due à l'intensité en S-G[1] sous-jacente en neutralisant l'effet de la structure industrielle (terme B)	Terme de covariance (terme C)
Fabrication	-3,30	-1,81	-1,89	0,40
Services professionnels, scientifiques et techniques	5,59	3,30	2,02	0,26

1. Sciences et génie
Source : Totalisations fondées sur les données du Recensement de la population des États-Unis de 2000 et du Rencensement de la population du Canada de 2001.

Bibliographie

ab Iorwerth, A. 2005. « Canada's Low Business R&D Intensity: The Role of Industry Composition ». Ministère des Finances Canada. Document de travail 2005-03. Ottawa : Ministère des Finances Canada.

Atkinson, R.D. et R.H. Court. 1998. « The New Economy Index: Understanding America's Economic Transformation ». Washington, DC: Progressive Policy Institute. (www.neweconomyindex.org/section3_page15.html)

Baldwin, J.R., D. Beckstead et G. Gellatly. 2005. *Investissements du Canada en science et innovation : Le concept actuel de la recherche et développement est-il suffisant?* Série de documents de recherche sur l'analyse économique. N° 11F0027MIF2005032 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R. et G. Gellatly. 2003. « Innovation Strategies and Performance in Small Firms ». Cheltenham, Royaume-Uni : Edward Elgar.

Baldwin, J.R. et P. Hanel. 2003. « Innovation and Knowledge Creation in an Open Economy ». Cambridge : Cambridge University Press.

Dosi, G., P. Llerena et M.S. Labini. 2005. « Evaluating and Comparing the innovation performance of the United States and the European Union ». Rapport préparé pour le *TrendChart* Policy Workshop, 2005.

Godin, B. 1996. *L'état des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE*. Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique. Documents de recherche. N° 88F0017MIF1996001 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Hansen, W. 1999. *Analyse du déploiement des travailleurs du domaine de la science et de la technologie dans l'économie canadienne*. Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique. Document de travail. N° 88F0006XIB199003 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Harris, R. 2005. « Canada's R&D Deficit—And How to Fix It ». C.D. Howe Institute, commentaire n° 211. Toronto : C.D. Howe Institute.

Holbrook, J.A.D. 1991. « The influence of scale effects on international comparisons of R&D expenditures ». *Science and Public Policy*, 18, 4 : 259–262.

Kannankutty, N. et R.K. Wilkinson. 1999. « SESTAT: A Tool for Studying Scientists and Engineers in the United States ». Arlington VA : National Science Foundation, Division of Science Resources Studies.

Katz, J.S. 2005. « Indicators for Complex Innovation Systems ». SPRU : University of Sussex. Polycopié.

Kleinknecht, A. 1996. « New Indicators and Determinants of Innovation: An Introduction ». Dans *Determinants of Innovation: The Message From New Indicators.* A. Kleinknecht (rév.).Londres : Macmillan Press.

Kleinknecht, A., T.P. Poot et J.O.N. Reijnen. 1991. « Formal and Informal R&D and Firm Size: Survey Results from the Netherlands ». Dans *Innovation and Technological Change, an International Comparison.* Zoltan J. Acs et David B. Audretsch (rév.). New York : Harvester/Wheatsheaf.

Lonmo, C. et F. Anderson. 2003. *Comparaison du rendement en matière de R-D sur le plan international : analyse des pays qui ont augmenté considérablement leur ratio DIRD/PIB durant la période de 1989 à 1999.* Division des sciences de l'innovation et de l'information électronique. Documents de travail. N° 88F0006XIF2003001 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Lundvall, B.-A. 2005. « National Innovation Systems – Analytical Concept and Development Tool ». Document préparé pour présentation au DRUID Tenth Anniversary Summer Conference on Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems. Copenhague, Danemark. Juin 2005.

Mowery, D.C. et N. Rosenberg. 1989. « Technology and the Pursuit of Economic Growth ». Cambridge : Cambridge University Press.

National Science Board. 2004. « Science and Engineering Indicators 2004, Volume 1 (NSB 04-1) ». Arlington, Virginie : National Science Foundation.

OCDE. 2002. Main Science and Technology Indicators. Vol. 2000/2. Paris : Organisation de coopération et de développement économiques.

Pollak, M. 1999. « Counting the S&E Workforce – It's Not that Easy ». National Science Foundation. Directorate for Social, Behavioral and Economic Sciences. Division of Science Resources Studies Issue Brief. NSF 99-344, Mai 1999.

Roper, S. et N. Hewitt-Dundas. 2005. « International Innovation Comparisons: Insight or Illusion? » Aston Business School Research Paper no. RP0503. Birmingham : Ashton Business School, Aston University.

Rosenberg, N. 1976. « Perspectives on Technology ». Cambridge : Cambridge University Press.

Statistique Canada. 1999. *Dictionnaire du recensement de 1996 – Édition définitive*. N° 92-351-UIF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

The Conference Board of Canada. 2004. « Exploring Canada's Innovation Character: Benchmarking Against Global Best ». Ottawa : The Conference Board of Canada.

The Conference Board of Canada. 2002. « The Road to Global Best. Leading Innovation Through R&D ». Innovation Challenge Paper No. 2. Ottawa : The Conference Board of Canada.

Voyer, R. 1999. « Thirty years of Canadian science policy: from 1.5 to 1.5 ». *Science and Public Policy*. 26, 4 : 277–282.

Wilkinson, R.K. 2002. « How Large is the U.S. S&E Workforce? » Info Brief: Science Resources Statistics. National Science Foundation. Directorate for Social, Behavioural and Economic Sciences. NSF 02-325.